

RAPPORTO DI RICERCA DEL  
CENTRO MILITARE DI STUDI STRATEGICI

# **LA FORMAZIONE DEGLI UFFICIALI DEI CORPI TECNICI**

**RIVISTA  
MILITARE**

**Direttore Responsabile**

**Pier Giorgio Franzosi**

© 1990

Proprietà letteraria artistica  
e scientifica riservata

# DEI CORRI TECNICI

Centro Militare di Studi Strategici  
Roma

Rapporto di ricerca su:

# LA FORMAZIONE DEGLI UFFICIALI DEI CORPI TECNICI

## **(\*) COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA**

La ricerca è stata elaborata da un gruppo di lavoro costituito da:

- Prof. Antonio PAOLETTI, Preside della facoltà di ingegneria nell'Università di ROMA 2 (Settore della ricerca)
- Prof. Arnaldo D'AMICO (Università del L'Aquila)
- Prof. Aldo TUCCIARONE (Università di Reggio Calabria)

## 1. Premessa

Il presente rapporto non ha l'obiettivo di analizzare l'organizzazione tecnico-scientifica delle nostre Forze Armate e tanto meno il complessivo quadro della Ricerca & Sviluppo nell'ambito della Difesa.

Si tratta di argomenti talmente ampi e articolati da non poter essere affrontati da parte di un ristretto numero di esperti non istruiti quanto qualificati, senza il forte rischio di cadere in uno di quegli « esercizi » che, anche se ben intenzionati, raramente riescono a giungere a conclusioni univoche ed a stabilire precise priorità tra le numerose iniziative possibili.

Inoltre, è questo costituire probabilmente il limite principale del « rapporto globale », in nessun Paese del mondo e tanto meno del nostro.

1. Premessa	2
2. Le Forze Armate e la Cultura Tecnico Scientifica	3
3. La situazione nei vari Paesi: USA, Europa Occidentale ed URSS	5
4. La situazione italiana: luci ed ombre	24
5. I settori di intervento: Elettronica, Nuovi Materiali, Informatica	25
6. Le possibili linee d'intervento: Formazione, Strutture operative	26
7. Conclusioni	40
Appendice su contenuti e modalità della Formazione	A.1

Impostazione pragmatica dunque e comunque perfezionabile, dal momento che sicuramente essa non risulterà priva di meriti e di equilibri ma che, basandosi su ampie esperienze diverse di lavoro scientifico e tecnologico presso vari laboratori di ricerca italiani e stranieri, nonché di pertinenti responsabilità organizzative presso il CNR e Facoltà di Scienze ed Ingegneria, tiene nel debito conto quanto è realmente possibile fare in questo campo sulla base delle reali competenze e potenzialità esistenti nel nostro Paese.

## 1. Premessa

Il presente rapporto non ha l'obiettivo di analizzare l'organizzazione tecnico-scientifica delle nostre Forze Armate e tanto meno il complesso quadro della Ricerca & Sviluppo nell'ambito della Difesa.

Si tratta di argomenti talmente ampi e articolati da non poter essere affrontati da parte di un ristretto numero di «esperti» non importi quanto qualificati, senza il forte rischio di cadere in uno di quegli «esercizi» che, ancorché pregevoli, raramente riescono a giungere a conclusioni univoche ed a stabilire precise priorità fra le numerose iniziative possibili.

Inoltre, e questo costituisce probabilmente il limite principale dei «rapporti globali», in nessun Paese del mondo e tanto meno del nostro, è facile portare a compimento ai giorni nostri riforme troppo ampie che, in quanto basate su di un necessario sincronismo di iniziative complementari, finiscono per incepparsi facilmente, rendendo di fatto assai difficile operare apprezzabili cambiamenti.

Pertanto il presente rapporto si limita, dopo una rapida enunciazione di alcuni principi ampiamente accettati nei Paesi più organizzati e che qui vengono adottati come ipotesi di lavoro, ad esaminare una porzione assai ristretta dell'ampio spettro che costituisce il complesso delle attività tecnico-scientifiche delle Forze Armate.

L'attenzione viene infatti concentrata su quelle componenti di tale attività che appaiono maggiormente carenti o in maggior ritardo rispetto al livello raggiunto dallo stato dell'arte e formulano per esse ipotesi di intervento che in quanto limitate e dimensionate compatibilmente all'attuale organizzazione delle Forze Armate e le attuali risorse tecnico-scientifiche del Paese, potrebbero trovare attuazione in tempi ragionevolmente brevi.

Impostazione pragmatica dunque e comunque perfezionabile, dal momento che sicuramente essa non risulterà priva di mende e di equilibri ma che, basandosi su ampie esperienze dirette di lavoro scientifico e tecnologico presso vari laboratori di ricerca italiani e stranieri, nonché di pertinenti responsabilità organizzative presso il CNR e Facoltà di Scienze ed Ingegneria, tiene nel debito conto quanto è realmente possibile fare in questo campo sulla base delle reali competenze e potenzialità esistenti nel nostro Paese.

## 2. Le Forze Armate e la Cultura tecnico-scientifica

Da sempre le Forze Armate hanno costituito uno dei principali settori di utilizzazione della cultura tecnico-scientifica ed un settore particolarmente importante, dal momento che i risultati più avanzati della ricerca hanno spesso trovato le loro prime applicazioni proprio nell'ambito delle Forze Armate, quando non siano stati addirittura ottenuti su loro commessa diretta.

Ciò è sostanzialmente dovuto alla circostanza che le esigenze prioritarie della Difesa possono, in casi particolari, far passare in seconda linea quelle condizioni relative alla valutazione dei costi che invece condizionano in maniera decisiva le scelte in campo civile. Le richieste delle Forze Armate hanno pertanto funzionato spesso da riferimento e da stimolo consentendo di sperimentare soluzioni e di realizzare prototipi anche particolarmente costosi.

Per restare alle vicende di questo secolo non è difficile constatare che incessante è stata la richiesta da parte delle Forze Armate di nuovi materiali, nuovi dispositivi, nuovi sistemi. Il campo delle applicazioni è risultato imponente: dal radar ai motori nucleari, dai rivelatori per l'infrarosso all'ottica integrata fino all'imponente complesso delle tecnologie spaziali.

A fronte di questa realtà che ovviamente riveste importanza decisiva a livello di confronti internazionali, le Forze Armate dei vari Paesi si possono collocare in posizione attiva o passiva. In particolare quei Paesi le cui Forze Armate possono contare direttamente su strutture di ricerca proprie, risultano anche in grado di effettuare nei propri laboratori almeno una parte degli studi e delle prove necessari per la realizzazione e la migliore utilizzazione di nuovi sistemi e possono quindi esercitare un'azione attiva trainante, sulle aziende chiamate a collaborare, svolgendo in definitiva un ruolo di rilievo nel quadro dello sviluppo tecnico-scientifico del Paese.

Invece laddove non posseggono capacità di ricerca e sviluppo proprie, le Forze Armate debbono necessariamente adattarsi ad utilizzare sistemi sviluppati al di fuori del proprio ambito per cui il loro ruolo si riduce a quello di semplice utente il che può anche costituire in certi casi una situazione accettabile, purché siano soddisfatte alcune condizioni. Le Forze Armate dovrebbero infatti essere in grado di svolgere il ruolo di «utente illuminato», il che com-

porta l'esistenza e la pronta disponibilità nel proprio ambito delle competenze specifiche necessarie sia per utilizzare correttamente sistemi sempre più complessi e avanzati, sia per effettuare oculatamente le scelte opportune in sede di contratti di fornitura: al momento dell'ordine mediante una consapevole determinazione delle specifiche e al momento dell'accettazione del prodotto mediante la capacità di effettuare adeguati controlli.

Se ne conclude che in ogni caso le Forze Armate debbono preoccuparsi costantemente non solo di acquisire quanto di più avanzato esista in termini di sistemi d'arma e di servizi logistici, ma anche e soprattutto di disporre al proprio interno delle necessarie competenze tecnico-scientifiche da utilizzare ai vari livelli previsti dalla propria organizzazione.

Occorre quindi operare su due versanti peraltro intimamente connessi, la Formazione scientifico-tecnica del personale e la costituzione di Strutture Operative funzionali.

### **3. La situazione nei vari Paesi: USA, Europa Occidentale ed URSS**

#### **3.1 *L'acquisizione di Tecnologie Militari negli Stati Uniti***

In Occidente la maggiore spinta innovativa per la Difesa si registra indubbiamente negli Stati Uniti i quali si avvalgono per la ricerca e lo sviluppo di strutture proprie assai articolate e dell'immenso serbatoio di competenze costituito dalle proprie Istituzioni Scientifiche e dalle proprie Industrie.

Nella Ricerca & Sviluppo per la Difesa gli Stati Uniti vantano al proprio attivo esperienze notevoli che costituiscono ormai riferimenti fondamentali nel quadro dei rapporti fra le Forze Armate e Cultura tecnico-scientifica: classico esempio il progetto Manhattan.

Per quanto riguarda la ricerca, negli Stati Uniti si opera a due diversi livelli:

a) *Livello precompetitivo*: La Difesa utilizza attraverso contratti gli istituti di ricerca universitari ed i grandi laboratori nazionali ed in misura minore, anche stranieri. Si tratta normalmente di ricerche di base o applicate in campi che «possono» risultare di in-

teresse per la Difesa. In altre parole lo scopo di questi contratti è la semplice acquisizione in particolari settori di conoscenze che al momento opportuno potrebbero risultare utili.

b) *Livello competitivo*: È affidato prevalentemente all'Industria ed ai grandi laboratori gestiti direttamente dalle varie Forze Armate. In casi particolari la ricerca competitiva può anche avvalersi di Istituzioni Universitarie o della Ricerca Pubblica.

Di grande rilievo le commesse di Ricerca & Sviluppo affidate a più industrie in concorrenza, per la realizzazione di prototipi rispondenti a particolari specifiche.

Lo sviluppo è ovviamente riservato alle industrie e di solito viene a costituire lo sbocco naturale di scelte operate dalle Forze Armate fra le soluzioni proposte in concorrenza da diverse aziende.

Va comunque sottolineata la circostanza che nei vari laboratori delle Forze Armate opera un notevole numero di scienziati civili di grande levatura i quali svolgono ricerca fondamentale di ottimo livello e vengono a costituire un corpo di esperti nelle diverse discipline scientifiche in grado di mobilitarsi verso particolari obiettivi ogni qualvolta si manifestino le corrispondenti esigenze.

Le Forze Armate americane pertanto tendono fortemente a delegare all'estero, Università, Industrie, Enti Pubblici di Ricerca l'attività di Ricerca & Sviluppo. Ciò anche allo scopo di poter utilizzare in pieno i vantaggi derivanti dal necessario costante adeguamento di tali strutture esterne agli standard posti dalla competizione internazionale, sia essa scientifica o di mercato. Le Forze Armate Americane dispongono però al proprio interno per tutte le evenienze, di un'elevata capacità di ricerca autonoma e soprattutto di verifica, facenti capo appunto ai propri grandi laboratori che dispongono di scienziati e attrezzature in grado di operare alle frontiere più avanzate della Scienza e della Tecnica.

Nel seguito di questo paragrafo introduttivo, vediamo da quali profonde motivazioni nasca negli Stati Uniti la spinta innovativa per la Difesa, e come si articoli in dettaglio il ruolo del governo federale.

Prioritaria, ai fini della Difesa, è l'esigenza di assicurare al Paese quel patrimonio di conoscenze scientifiche e tecnologiche che sono alla base di un moderno dispositivo di sicurezza. Negli Stati Uniti, si indica brevemente tale patrimonio come il «Defense Technology

Base» c'è una dottrina particolare che presiede alla politica della Defense Technology. Si suppone infatti che i sovietici possiedano una superiorità numerica, sia in personale che in attrezzature militari. Tuttavia, secondo la dottrina americana, una tecnologia militare superiore può compensare una inferiorità numerica. È possibile così salvaguardare la sicurezza nazionale senza ricorrere ad una massiccia militarizzazione del Paese. Ne risulterebbe, dunque, anche un beneficio per il libero sviluppo della democrazia interna: in un certo senso, *una tecnologia militare superiore sarebbe una componente essenziale della democrazia americana.*

Da questa dottrina, che richiede una *superiorità* tecnologica, risulta drammatizzato il ruolo di una politica della R&D. È infatti riconosciuto che *mantenere* un vantaggio tecnologico pone oneri ben maggiori di quelli richiesti dal tentativo di colmare un ritardo. L'esigenza di una base tecnologica eccezionalmente dinamica, creativa ed innovativa, è dunque imperativa in questa particolare prospettiva. Come rispondono gli S.U. a questa esigenza?

È ben noto il vasto potenziale scientifico e tecnologico posseduto dal Paese nell'ambito dei laboratori industriali privati e nelle università. Perciò è tanto più di rilievo il grande numero di Centri e Programmi di Ricerca che dipendono dal Governo Federale o gestiti direttamente dal Dipartimento della Difesa (DoD). Questi programmi hanno dimostrato storicamente la loro importanza ed il loro ruolo. Basti citare il Progetto Manhattan, durante la seconda guerra mondiale, o il Progetto Apollo, negli anni '60. Partendo da una base propria di competenze scientifiche e tecnologiche, è possibile alle autorità centrali apprezzare meglio le diverse possibilità offerte dai settori scientifici innovativi, onde stimolarne lo sviluppo e la finalizzazione. In un mondo pragmatico e diversificato come quello americano, questa presenza del governo federale si attua secondo diverse ricette, ma resta comunque il principio generale.

Il governo federale effettua ricerca di interesse militare non solo attraverso il Dipartimento della Difesa, ma anche attraverso altri Dipartimenti (ad esempio, il Dipartimento dell'Energia, ovvero DOE) o attraverso Enti costituiti appositamente per sviluppare settori ben definiti (ad esempio la NASA).

È evidente l'importanza di questi canali alternativi per gestire la ricerca (del resto comuni anche ad altri Paesi). Tuttavia, ai fini

del presente Rapporto, sono di interesse preminente gli interventi diretti del Dipartimento della Difesa. Ai programmi del DoD daremo maggiore spazio nel seguito. In aggiunta, ci soffermiamo anche sui Laboratori Nazionali del DOE, data la loro importanza, dimensione ed originalità.

### 3.1.1 Dipartimento della Difesa

I laboratori DoD appartengono alle Forze Armate e sono gestiti dalle Forze Armate (a differenza dei laboratori DOE nei quali, come vedremo più avanti, proprietà e gestione sono scissi). Il personale è composto in maggioranza da impiegati civili, più alcuni ufficiali che si avvicendano nei laboratori secondo brevi turni.

È interessante considerare come vengono distinte le voci di bilancio per lo sviluppo di una tecnologia militare: a) ricerca scientifica di base e applicata, in breve «ricerca di base» (codice 6.1); b) «sviluppo esplorativo» di applicazioni pratiche (6.2); c) costruzione di prototipi come dimostrazione di un principio di applicazione, ovvero «sviluppo di tecnologia avanzata» (6.3A); sviluppo di sistemi specifici (6.38 e 6.4). Solo le prime tre voci vengono considerate propriamente come programmi per la «technology base». Le ultime due fanno già parte dell'Approvvigionamento.

### 3.1.2 Esercito

L'Esercito è naturalmente la più complessa ed articolata delle tre Armi. Nel suo ambito non si applica una filosofia uniforme, circa i programmi R&D, ma si usano prammaticamente diversi approcci, che poi si ritrovano più uniformemente nella Marina o nell'Aeronautica. In particolare, in alcuni laboratori vengono condotti anche programmi di ricerca di base, in altri il compito principale è di interagire competentemente con l'industria, in altri ancora c'è la capacità di condurre in porto una ricerca, attraverso lo sviluppo, fino al livello di prototipo.

Un esempio del primo tipo, e di grande interesse ai fini del

presente Rapporto, è il Materials Technology Laboratory (MTL) di Watertown (MA). Al MTL viene svolta ricerca di base su metalli avanzati e ceramiche. I programmi vengono portati avanti fino allo stadio di sviluppo esplorativo.

Un esempio del secondo tipo è il Tank Automotive Command RDE Center, che si occupa di veicoli militari. Localizzato non lontano da Detroit, esso interagisce fortemente con la potente industria automobilistica americana.

Esempio del terzo tipo è l'importante Missile Command RDE Center. Questo centro è responsabile dello sviluppo, acquisizione e produzione di tutti i sistemi missilistici dell'Esercito. In particolare, esso è il centro più avanzato dell'Esercito nei settori: guida e controllo, indirizzo sul bersaglio e tecnologia laser di alta potenza ed energia.

Tra gli altri centri e laboratori, è particolarmente interessante il laboratorio Electronics Technology and Devices. È questo il laboratorio guida dell'Esercito per programmi VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit) e MIMIC (Microwave/Milliter Wave Monolithic Integrated Circuit).

### 3.1.3 Marina

Il sistema di laboratori della Marina comprende delle capacità di ricerca e sviluppo maggiori di quelle delle altre Armi. In aggiunta, molti laboratori della Marina sono in grado non solo di svolgere ricerca e sviluppo esplorativo, ma anche di *portare un progetto quasi a livello di produzione*, attraverso gli stadi più maturi dello sviluppo. Una diversa filosofia presiede, come vedremo, ai programmi dell'Aeronautica. Tra i principali e più rappresentativi laboratori della Marina sono, ciascuno a suo modo, il Naval Research Laboratory di Washington DC (personale: 3500) e il Naval Weapon Center di China Lake, California (personale: 5000).

Il Naval Research Laboratory (NRL) è il principale laboratorio di ricerca delle Forze Armate. Al NRL viene condotto un programma di ricerca vigoroso in vari settori: informatica, intelligenza artificiale e gestione dell'informazione, tecnologia dei dispositivi, guerra elettronica, materiali, armi ed energia orientata,

tecnologia dei sensori, tecnologia sottomarina, tecnologia dei sistemi spaziali.

Il Naval Weapon Center (NWC) è un ottimo esempio di laboratorio dove lo sviluppo è efficacemente portato avanti agli stadi più maturi. Compito del NWC è lo sviluppo di armi aria-aria e di armamenti in dotazione ad aeromobili navali. *Il missile Aim-9 Sidewinder fu sviluppato interamente a China Lake* più di 20 anni fa. Inoltre, in tutti questi anni, *il NWC è andato sviluppando versioni del missile aggiornate allo stato dell'arte*. Abbiamo qui un esempio di continuità e longevità nell'avanguardia tecnologica, assolutamente degne di nota per centri di questi tipo e che meritano la più attenta considerazione. In aggiunta, il NWC è apprezzato come uno dei centri più avanzati nelle tecnologie dei sensori (infrarossi, elettro-ottici) ed in ingegneria missilistica. China Lake è particolarmente d'attualità oggi per esperimento di politica salariale, attraverso la Marina tenta di rispondere ai problemi del personale (v. sotto).

### 3.1.4 Aeronautica

I laboratori dell'Aeronautica non conducono programmi di ricerca di base, ma piuttosto sviluppo esplorativo o sviluppo di tecnologia avanzata. Inoltre, a differenza della Marina, obiettivo dell'Aeronautica è la creazione di competenze atte ad *efficacemente interagire contrattualmente con l'industria*, piuttosto che a condurre in porto progetti autonomi. In questo modo i programmi arrivano all'industria privata molto prima e la fase di gara e competizione si ha ad uno stadio precedente. In effetti, i laboratori dell'Aeronautica non rappresentano una concorrenza per l'industria privata, ma al contrario, i loro programmi esplorativi rappresentano il seme e la premessa di futuri contratti. I settori principali in cui i laboratori sono presenti sono i seguenti:

- aerodinamica e progettazione aerea;
- sistemi e tecnologie di guerra aerea (il che comprende programmi di microelettronica, dispositivi a microonde, elettro-ottica avanzata, tecnologie per il riconoscimento di bersagli, sistemi radar e guerra elettronica);
- materiali;

- sviluppo di avanzati concetti di C;
- il programma SDI o dello «scudo spaziale».

### 3.1.5 Dipartimento dell'Energia

Il Sistema dei Laboratori Nazionali del DOE trae origine direttamente dal Progetto Manhattan della Seconda Guerra Mondiale ed è andato crescendo negli anni in dimensioni e finalità. Il bilancio 1986 è stato di oltre 10 miliardi di dollari ed il personale impiegato è, oggi, di circa 135.000 persone. Di queste, solo il 5% sono impiegati federali; il restante è impiegato dalle industrie ed università che gestiscono la maggioranza dei laboratori.

Tra i compiti istituzionali principali, c'è la progettazione e produzione di tutto l'arsenale nucleare nazionale, compresa la produzione di uranio arricchito ed altri materiali nucleari. Compito del DOE è pure lo sviluppo e la produzione di reattori nucleari per la flotta sottomarina della Marina Militare. In aggiunta, sulla base delle notevoli capacità scientifiche e tecnologiche concentrate nei laboratori, si sono andate sviluppando ricerche in varie scienze: fisica, chimica, cosmologia, biologia, l'ecosistema, geologia, matematica, informatica e medicina; oltre che in diverse tecnologie ad esse collegate.

Degne di rilievo nei laboratori DOE sono *le formule di scambio con l'esterno*: i laboratori DOE interagiscono con l'industria privata e la comunità accademica mediante meccanismi quali programmi congiunti, incarichi, l'utilizzazione gratuita di attrezzature DOE. Nel settore R&D, il DOE utilizza il suo bilancio come catalizzatore per lo sviluppo di un programma piuttosto che ai fini di intraprendere una iniziativa indipendente. Questa formula presuppone un notevole sforzo di intervento Federale a beneficio di università, organizzazioni non-profit e governi statali. Molto caratteristica è la filosofia di gestione dei laboratori DOE. Essa si riassume nella formula «*Proprietà al Governo - Gestione al Contraente*» (GOCO). Questa formula viene applicata estensivamente nel Sistema dei laboratori e risale allo stesso Progetto Manhattan: in questo modo, il DOE può provvedere ai massicci investimenti di capitale necessari per creare e mantenere importanti attrezzature; d'altro canto, ne

ottiene una gestione esperta affidandola, per contratto, ad industria ed università. Ad esempio, il Brookhaven National Laboratory è gestito dalla Associated Universities, Inc., Los Alamos dall'Università della California, e Oak Ridge da Martin Marietta Energy System, Inc..

### 3.1.6 Considerazioni generali

In aggiunta ad alcuni spunti emersi durante l'esposizione dei paragrafi precedenti, vi sono altre osservazioni di interesse generale che emergono dallo scenario americano.

*Ricerca Classificata.* In un rapporto del Congresso americano, si sottolinea l'importanza di allargare il più possibile l'accesso ai risultati di una ricerca: se poche persone sono al corrente di un progetto, vi saranno anche poche opportunità di realizzare le piene potenzialità di applicazione di una tecnologia in altri campi. Vale la pena di sottolineare come, in altri Paesi, persino la ricerca di base rimanga sterilmente circoscritta ad ambienti ristretti.

*I grandi progetti («Demonstration Programs»).* Si tratta di progetti su larga scala, come ad esempio l'Apollo, che si pongono come obiettivo una realizzazione concreta tecnologicamente avanzata. È molto dibattuto negli S.U., se questi Progetti non siano le «macchine» più efficaci per la generazione di innovazione tecnologica. Vi sono argomenti pro e contro. Vale qui comunque la pena di citare questo dibattito.

*Personale Qualificato Statale.* Negli S.U., come in altri Paesi, si riscontrano difficoltà nell'attrarre personale di prima qualità a servizio dello Stato. Il problema è salariale ma anche di mobilità, in ambedue i sensi, rispetto (ad esempio) all'industria. Sarebbe un errore chiudere ogni sbocco al personale: «È possibile rinunciare ad un salario più elevato; più difficile è rinunciare ad una carriera». Comunque, esperimenti di incentivazione al di fuori del regolamento generale del personale governativo, sono in corso al Naval Weapons Center a China Lake.

*Personale Tecnico Nazionale.* Negli S.U., come in altri Paesi, si formano scienziati ed ingegneri (cittadini americani) in numero

*largamente inferiore* rispetto a Paesi concorrenti. Le carriere non sono abbastanza attraenti. È evidente che i meccanismi ordinari di competizione sociale tra le categorie sfavoriscono scienziati e tecnici, l'importanza dei quali, per la sicurezza nazionale e le necessità di commercialità, si misurano solo sui tempi lunghi. È considerato necessario un intervento del Congresso.

### 3.2 Europa

Per quanto riguarda gli altri Paesi europei appartenenti alla NATO occorre tener presente che quelli più avanzati culturalmente ed industrialmente hanno anche preso adeguate iniziative per assicurare alle proprie Forze Armate la disponibilità di un sistema operativo ai più alti livelli tecnologici, il che comporta di necessità una conveniente formazione dei relativi quadri. In particolare in Francia e Gran Bretagna le Forze Armate possono avvalersi di strutture di formazione consolidate che forniscono un livello di preparazione nettamente superiore a quello generalmente accettato per l'ingresso in carriera degli ufficiali in servizio permanente nelle varie specialità, venendo a configurare dei veri corsi di specializzazione o addirittura di dottorato. D'altra parte in tutto il mondo le Forze Armate nella loro attività si trovano a fronteggiare situazioni sempre più complesse e a dover utilizzare sistemi sempre più sofisticati il che richiede non solo una perfetta padronanza di metodologie opportune, ma anche il possesso di creatività, versatilità, flessibilità, vale a dire di doti che si acquisiscono e si affinano soprattutto nell'attività di ricerca scientifica.

Si viene perciò a configurare un importante ruolo della ricerca scientifica nell'ambito delle Forze Armate non tanto come mezzo per il conseguimento di particolari conoscenze rilevanti per i fini istituzionali, quanto come indispensabile strumento per far conseguire ad almeno una parte dei quadri la cultura, la mentalità ed i personali collegamenti, necessari per assicurare alla struttura in cui operano una funzionalità al passo dei tempi, i quali sono appunto scanditi dal continuo ed incalzante progresso scientifico e da una sempre più ampia e rapida utilizzazione dei risultati della ricerca.

### 3.2.1 Il Regno Unito

#### A) Formazione Tecnica dell'ufficiale

Nell'esercito britannico non esiste corpo tecnico. Funzioni simili a quelle svolte in Italia dagli ufficiali dei corpi tecnici, in particolare quelli consulenti dello Stato Maggiore, sono esercitate nel Regno Unito da ufficiali di Stato Maggiore con indirizzo tecnico/approvvisionamento. Essi sono destinati ad incarichi chiamati «weapons appointments». Non vi è nessuna distinzione di stato giuridico tra questi ed altri ufficiali. La loro formazione specifica consiste nella frequenza aggiuntiva, per un anno accademico, del Royal Military College of Science a Shrivenham, sede anche della formazione tecnica degli altri ufficiali.

Il Royal Military College of Science (RMCS) è una istituzione militare di antica data, in quanto risale, senza soluzione di continuità, ad una fondazione (Military Society of Woolwich) istituita nel 1772 per lo studio di balistica ed esplosivi.

Va osservato, ai fini del presente rapporto, il carattere di *ricerca*, con la specifica di militare, che ha contraddistinto sin dall'inizio il RMCS, che sfociò poi naturalmente nella funzione formativa di un «college», nel 1885, quando l'originaria fondazione assunse il nome di Artillery College.

Dal 1984 il RMCS è entrato a far parte di una istituzione universitaria, il Cranfield Institute of Technology, di cui costituisce la Facoltà di Scienze, Tecnologie ed Amministrazione Militari. Fanno parte del Cranfield altre cinque facoltà, tra le quali va rilevata la presenza di una Facoltà di Scienze e Tecnologie, senza ulteriori qualificazioni.

È interessante soffermarsi, qui di seguito, sulle competenze tecniche coltivate presso il RMCS, in quanto ritenute rilevanti per l'esercizio dei compiti delle forze armate ed il raggiungimento dei loro fini istituzionali.

Dal punto di vista accademico, il RMCS è costituito da tre Schools (o Istituti) ciascuno dei quali è composto da Gruppi che svolgono, in diversi settori omogenei, sia attività di ricerca e sviluppo (R&D), che consulenza e servizio per conto di committenti esterni.

Nell'ambito dei servizi offerti, attrezzature altamente specializzate vengono messe a disposizione di laboratori industriali o governativi, su basi puramente commerciali.

Gli Istituti ed i Gruppi sono i seguenti:

*Amministrazione Militare:* Matematica e Balistica, Informatica, Matematica Computazionale, Economia ed Amministrazione Finanziaria, Ricerca Operativa e Statistica, Valutazione dei Sistemi, Gestione dell'Approvvigionamento Militare, Scienze Politiche e Sociali;

*Ingegneria Meccanica, dei Materiali e Civile:* Sistemi Chimici, Tecnologia dei Materiali, Ingegneria Civile, Progettazione, Sistemi Aeronautici, Sistemi Terrestri, Potenza Termica, Armi e Mezzi da Combattimento;

*Ingegneria e Scienza dell'Elettricità:* Ingegneria dei Sistemi di Comunicazione ed Informazione (CISE), Controllo e Guida, Ingegneria dei Sistemi Elettromagnetici (EMS), Eletttronica di Potenza e Motori Elettrici, Fisica Applicata ed Elettro-Ottica.

Consideriamo più da vicino, come esempio, l'Istituto di Ingegneria e Scienza dell'Elettricità. Il gruppo CISE ha tradizionalmente sviluppato competenze nel campo della guerra elettronica e più recentemente è entrato ad occuparsi dell'ingegneria dei sistemi per il comando controllo comunicazioni ed informazione (i cosiddetti C<sup>3</sup>IS). Il Gruppo n. 2 si occupa di tutti gli aspetti di un Sistema Controllo e Guida: in particolare, è degno di nota il suo lavoro matematico fondamentale sulle analisi e progettazione di sistemi feedback non-lineari multivariabili. Si sono derivate generalizzazioni del classico criterio Nyquist per sistemi feedback. Esso è stato adattato a sistemi feedback non-Lineari multivariabili, e se ne sono fatte diverse applicazioni. Nel gruppo EMS c'è una intensa attività R&D nel campo delle microonde. Inoltre il Gruppo ha una ampia disponibilità di strumentazione specializzata per prove e collaudi di dispositivi a microonde. Infine l'Istituto dispone (Gruppo n. 5) di un ampio laboratorio di Diffrazione di Raggi X, usato estensivamente sia come supporto alle attività di ricerca (del RMCS o utilizzatori esterni) sia come *supporto didattico* nel campo della cristallografia fondamentale.

È scritto nello statuto che il RMCS «deve essere il centro di istruzione e di studio per le Forze Armate nelle scienze e nelle tecnologie». «Il College deve essere riconosciuto come di alto rango nella nazione quale sede di educazione superiore in tali discipline, e come fonte di conoscenze e punto di riferimento nelle scienze e tecnologie applicate alla guerra».

## B) La Ricerca per la Difesa

Molto importante è, nel Regno Unito, la ricerca e sviluppo condotta alle dirette dipendenze del Ministero della Difesa (MoD) in appositi Centri o «Establishments». Tuttavia, dal dopoguerra ad oggi si è andato realizzando un cambiamento di filosofia. Nel primo dopoguerra, il R&D militare aveva luogo, quasi per intero, in centri MoD; oggi, circa due terzi dell'intero R&D militare viene svolto nell'industria. Questo ha significato che, praticamente quasi ogni *lavoro di sviluppo e progettazione finale è stato trasferito all'industria*: è questo il caso, ad esempio, della progettazione di radar, che era prima competenza esclusiva del Royal Signals and Radar Establishment (RSRE); altro esempio è lo sviluppo di siluri, che, fino al 1977, è stato prerogativa dell'Admiralty Underwater Weapons Establishment. Per quanto riguarda il ruolo statale, analogamente a quanto avviene negli USA con il DOE e in parte con l'Aeronautica, sono state individuate *le seguenti funzioni primarie per gli Establishments del Ministro della Difesa*:

I) mantenere e garantire la disponibilità di alcune costose attrezzature centrali;

II) svolgere ricerca di possibile interesse strategico, a più lungo termine o a più alto rischio;

III) sostenere i progetti industriali nella misura del necessario;

IV) mantenere le esigenze delle prove e dei collaudi;

V) coprire le esigenze delle prove e dei collaudi;

Tra i centri MoD, un ruolo centrale è svolto dal Defence Operational Analysis Establishment (DOAE). Esso è specializzato in analisi dei sistemi.

Nella fase di formulazione di un programma di armamento in risposta a determinate esigenze strategiche, al DOAE può essere richiesto di fare una valutazione delle opzioni o di combinazioni delle stesse.

La supervisione del DOAE è affidato al Chief Scientific Adviser (CSA), il quale è il responsabile, per conto del Segretario di Stato, delle strategie tecnologiche a lungo termine:

Gli altri centri sono i seguenti:

### *Royal Aircraft Establishment*

Copre tutte le attività aerospaziali, comprese ricerche strutturali, motori, armamenti e sistemi.

### *Royal Armament Research and Development Establishment*

Ricerca su tutti i sistemi di terra, comprese armi da fuoco e munizioni, veicoli da combattimento o per logistica, ponti.

### *Admiralty Research Establishment*

Ricerca su sistemi di mare, compresa tecnologia marina, armamenti e sensori per la guerra marina e sottomarina.

### *Chemical Defence Establishment*

Guerra chimica e biologica.

### *Royal Signals and Radar Establishment*

Comunicazioni radar, visione notturna e altre ricerche sia applicate che fondamentali in elettronica.

### *Atomic Weapons Research Establishment*

Ricerca, sviluppo e altri aspetti della produzione di armamenti nucleari.

### *Aeroplane and Armament Experimental Establishment*

Particolarmente specializzato in prove e collaudi.

Il personale civile direttamente impiegato dal Ministero della Difesa in R&D militare, ammontava a 26.000 persone, nel 1984-85, delle quali 4.800 erano scienziati ed ingegneri. Lo sforzo relativamente maggiore è in campo aeronautico (circa un quinto) e navale (un sesto).

## 3.2.2 La formazione tecnica dell'ufficiale in Francia

Il ministero francese della Difesa si compone di due organismi principali: lo Stato Maggiore delle Forze Armate (EMA) e la delegazione Generale per l'Armamento (DGA).

La DGA ha in particolare le seguenti attribuzioni:

1) Accentra la definizione ed esecuzioni dei programmi di armamento, attraverso la conduzione dell'industria di stato e la supervisione dell'industria privata. La DGA esercita la sua direzione o influenza su un potenziale industriale che impiega più di 25.000 persone.

II) Recluta e forma il personale tecnico attraverso la sottodirezione delle scuole e della formazione (SEF), facente parte della direzione del personale e degli affari generali (DPAG). Per l'adempimento di queste funzioni, dalla SEF dipendono direttamente quattro Scuole d'Ingegneria. La SEF inoltre assicura la tutela del Politecnico.

Vi sono tre Corpi Tecnici di ufficiali che appartengono alla DGA. Essi sono:

- gli «Ingegneri dell'armamento» (IA), destinati ad incarichi direttivi all'interno della DGA;

- gli «Ingegneri degli studi e tecniche dell'armamento» (IETA), destinati ad essere i collaboratori diretti degli I.A., con impiego presso gli stabilimenti e le amministrazioni centrali.

- il «Corpo Tecnico e Amministrativo dell'Armamento (OCTAAA), i cui appartenenti sono destinati ad incarichi d'ordine amministrativo, giuridico ed economico.

Questi Corpi, in quanto appartenenti alla DGA, sono al di fuori delle tre FF.AA..

Per la formazione degli ingegneri, la DGA dispone delle quattro seguenti Scuole di Ingegneria:

- ENSAE, Scuola Nazionale Superiore dell'Aeronautica e dello Spazio;

- ENSTA, Scuola Nazionale Superiore di Tecniche Avanzate;

- ENSICA, Scuola Nazionale Superiore di Ingegneri di Costruzioni Aeronautiche;

- ENSIETA, Scuola Nazionale Superiore di Ingegneri di Studi e Tecniche d'Armamento.

Gli studi durano tre anni. Gli IA sono destinati all'ENSAE o all'ENSTA: provengono dal politecnico e frequentano gli ultimi due anni di queste scuole.

Gli IETA si formano all'ENSIETA totalmente, salvo gli allievi dell'aeronautica che, dopo il quarto anno, passano all'Ensica per gli ultimi due anni. Gli IA della specializzazione «Ricerca» vengono formati presso una Università.

È importante rilevare quanto segue:

A) Queste scuole militari di Ingegneria formano anche numerosi ingegneri civili destinati all'industria. C'è dunque il concetto di una formazione comune per ingegneri militari e civili, ed una interpretazione di tale concetto al punto di avere che *ingegneri civili escano dalle scuole militari*.

B) In particolare, l'ENSIETA forma il grosso degli ingegneri destinati ad operare in Francia nel settore dell'armamento, siano essi militari (IETA) o civili. Essi sono destinati alle seguenti funzioni:

- studio e ricerca
- produzione
- collaudi.

Il corpo insegnante è costituito da ingegneri in funzione nell'industria, ma anche da professori universitari e diverse personalità provenienti da differenti branche dell'economia.

Le prime tre Scuole sono anche sede di Corsi, della durata di un anno, di specializzazione o di aggiornamento.

*Le tre Scuole principali offrono anche la possibilità di dottorato.* La formazione dottorale consiste: in un anno di studi («Diploma di studi Approfonditi» o DEA), più la preparazione di una tesi, generalmente in collaborazione con una università.

Le materie di dottorato includono: Informatica, Meccanica, Elettronica.

In conclusione, ai fini del presente rapporto vanno sottolineate in Francia le seguenti caratteristiche:

- 1) *il notevole accentramento sotto la responsabilità statale, della formazione tecnico-scientifica del personale, sia esso civile o militare, coinvolto nell'industria degli armamenti;*
- 2) l'alta qualità delle scuole militari;
- 3) l'unificazione degli standard di preparazione tecnico-scientifica per personale civile o militare.

### 3.2.3 La formazione tecnico-scientifica dell'Ufficiale nella Repubblica Federale di Germania.

La Repubblica Federale non dispone di un corpo tecnico militare. Compiti corrispondenti a quelli dei corpi delle Forze Armate italiane, vengono svolti da civili appartenenti alla direzione genera-

le degli armamenti. Tuttavia è prevista una specifica preparazione tecnico-scientifica per gli ufficiali nel corso della loro formazione. Viene così costituito un patrimonio di esperti, da utilizzare ad integrazione del sistema di civili. Questo avviene a diversi livelli, ed in particolare nel collegamento tra lo Stato Maggiore e la direzione degli armamenti. È interessante notare, tra gli obiettivi dichiarati della riforma, la necessità di rispondere al problema, che si è presentato in Germania come in altri Paesi, circa la qualità del personale militare. Ebbene, nella Repubblica Federale, *si è identificato nel sistema formativo militare uno dei punti di intervento per attirare personale tecnico di prima qualità*: l'istituzione di un iter formativo eccellente, è stato giudicato necessario *non solo allo scopo di aumentare l'efficienza delle forze armate*, ma anche per rendere il servizio più attraente qualificando, allo stesso tempo, il personale ad eventuali professioni civili.

A tale scopo, si sono adottati *tre principi fondamentali*:

a. il sistema educativo delle FF.AA. deve essere integrato al sistema generale scolastico del Paese;

b. la formazione del personale deve nello stesso tempo rispondere ai requisiti funzionali delle FF.AA. ed a quelli richiesti dalle professioni civili;

c. la qualità della formazione per le professioni civili deve dipendere dalla lunghezza del periodo di ferma.

Per conseguire gli obiettivi della riforma, sono state costituite delle «*Università delle Forze Armate*» (Hochschule der Bundeswehr - HSBw) che, per soddisfare i requisiti su esposti, hanno una organizzazione davvero singolare:

(a) le HSBw devono essere conformi alle leggi scolastiche, federali e statali e, pertanto, *al vertice hanno un Presidente che è un civile e Professore Universitario* eletto da un Comitato composto, tra l'altro, dal Ministro della Difesa e dal Ministro della Pubblica Istruzione dello Stato (Land). Il Presidente dipende dalla Difesa per quanto concerne l'organizzazione della HSBw, ma risponde alla Pubblica Istruzione per ciò che riguarda il programma di studi. Resta in carica per 6 anni.

(b) L'Università è divisa in 3 grandi «blocchi»: Studi e Ricerca, Amministrazione, Studenti.

(c) Il Presidente dispone, per questioni riguardanti lo svolgi-

mento degli studi, di un organo consultivo centrale (il Senato Universitario) al quale partecipano paritariamente rappresentanti dei tre blocchi.

Infine è da rilevare che nelle HSBw gli aspiranti ufficiali hanno la possibilità di conseguire diplomi di laurea validi a tutti gli effetti civili, ed in diverse specializzazioni in ingegneria. Tra queste, ingegneria meccanica, ingegneria elettronica, informatica, tecnica aeronautica e spaziale, ingegneria edile.

### 3.2.4 Il caso dell'Unione Sovietica

Per quanto riguarda l'Unione Sovietica, mentre non risulta di certo facile disporre di informazioni di fonte ufficiale, colpisce ad ogni modo l'appariscente squilibrio esistente fra il basso livello tecnologico dei beni destinati agli impieghi civili e la qualità veramente elevata dei materiali, dispositivi e sistemi destinati alla Difesa, i quali risultano pienamente competitivi con quanto di meglio è disponibile per le Forze Armate dei Paesi Occidentali. Ciò prova l'esistenza, del resto confermata da notizie circolanti negli ambienti scientifici, di una vasta ed articolata struttura di Ricerca & Sviluppo ad uso esclusivo delle Forze Armate Sovietiche, nella quale operano, con attrezzature di assoluta avanguardia, talvolta ottenute attraverso canali indiretti dall'industria occidentale, ricercatori e tecnici di elevatissime competenze.

Si può con ragionevole certezza affermare che i laboratori dei centri sovietici di ricerca militare dispongono in media di apparecchiature di gran lunga migliori di quelle esistenti presso i laboratori universitari e anche migliori o quanto meno equivalenti alle apparecchiature esistenti presso quegli Istituti dell'Accademia delle Scienze dell'URSS aperti ai visitatori occidentali e che costituiscono il fiore all'occhiello della cultura scientifica sovietica.

Lo stesso discorso è valido a livello produttivo che vede le Industrie sovietiche in grado di produrre grandi quantità di sistemi d'arma, veicoli strutture logistiche di qualità avanzata e di buona affidabilità.

Tutto ciò comporta evidentemente l'esistenza di un elevato standard culturale scientifico e tecnologico nell'ambito dello stesso personale dipendente delle Forze Armate, che deve essere quanto me-

no in grado di svolgere il ruolo di «utente illuminato» indispensabile per portare prima e mantenere poi le Forze Armate Sovietiche a quel livello di efficienza che viene loro unitamente riconosciuto.

Pertanto se ne deduce che le Forze Armate Sovietiche, dovendo disporre necessariamente di tecnici altamente specializzati in notevole numero (si pensi solamente ai numerosi addetti alle attività spaziali), debbono curare con particolare attenzione la formazione del personale attraverso canali propri.

Va peraltro tenuto presente che diversi Istituti dell'Accademia delle Scienze sorgono in zone classificate e di regola inaccessibili ai visitatori occidentali come è ad esempio il caso di Cernogolovka vera cittadella della ricerca situata a circa 100 Km da Mosca ove sono localizzati Istituti dell'Accademia delle Scienze.

Si potrebbe pertanto concludere che in Unione Sovietica le Forze Armate da un lato dispongono di notevoli strutture proprie per la ricerca e sviluppo e di adeguati canali di formazione per il personale necessario, mentre possono contemporaneamente avvalersi regolarmente anche delle tradizionali Istituzioni Scientifiche del Paese alcune delle quali sembrano essere realmente coinvolte in attività per la Difesa.

#### **4. La situazione italiana: luci ed ombre**

Nel determinare l'attuale situazione italiana nel rapporto fra le Forze Armate e competenze scientifiche e tecniche hanno contribuito diversi fattori: politici, culturali, organizzativi e produttivi.

Esistono settori ove una serie di circostanze favorevoli hanno determinato il raggiungimento di livelli più elevati o comunque apprezzabili mentre in altri settori ci sono evidenti notevoli carenze.

Per quanto riguarda l'aspetto culturale non c'è dubbio ad esempio che lo sviluppo delle telecomunicazioni e del telerilevamento in Italia debbono molto alle Forze Armate che hanno potuto a più riprese avvalersi di scienziati illustri e mettere di conseguenza a punto sistemi innovativi di grande interesse. Per l'aviazione civile non può essere ignorato l'altissimo contributo alle ricerche aeronautiche fornito dai laboratori dell'Aeronautica di Guidonia. Gli scienziati colà formati hanno assicurato al nostro Paese competenze pre-

ziose che sono state via via utilizzate fino ai nostri giorni, per dar vita ad una fiorente industria aerospaziale.

Più recentemente alcuni importanti fatti organizzativi quali ad es. la costruzione di laboratori CAMEN a S. Pietro a Grado hanno consentito alle Forze Armate di conseguire soddisfacenti livelli operativi nel campo della difesa dalle radiazioni. Infine l'esistenza in Italia di una grande industria automobilistica ha necessariamente comportato anche per le Forze Armate l'adeguamento a standard elevati nei trasporti.

Invece in altri settori ugualmente rilevanti, i ritardi culturali del Paese o l'assenza di adeguate iniziative industriali hanno portato ad una situazione insoddisfacente. Citiamo in particolare l'elettronica, l'informatica, i Nuovi Materiali per i quali settori le capacità operative autonome delle Forze Armate, oltre a risultare limitate, risentono anche negativamente dell'eccezionale e rapido sviluppo che in questi settori è in atto a livello internazionale.

Pertanto appare opportuno, nel quadro di una iniziativa di adeguamento del personale e delle strutture standard scientifico-tecnici più competitivi, avviare opportune iniziative proprio in tali settori.

## **5. I settori d'intervento: Elettronica, Nuovi Materiali, Informatica**

Anche nel panorama tecnico-scientifico delle Forze Armate risultano maggiormente carenti quei settori che vedono la realtà culturale e produttiva nazionale in ritardo rispetto al contesto internazionale e soprattutto rispetto alle esigenze di una grande potenza industriale.

Difatti, pur rivestendo grande importanza strategica e risultando ampiamente utilizzati nel quadro dello sviluppo del Paese, Elettronica, Nuovi Materiali ed Informatica non hanno ancora raggiunto in Italia un livello di eccellenza internazionale, né per quanto riguarda l'attività di ricerca, né per la produzione industriale, a parte alcune notevoli eccezioni che tuttavia non modificano sostanzialmente un panorama in generale insoddisfacente. Accade che in questi settori il nostro Paese, pur essendo un grande utente, non possieda diffuse capacità innovative e talvolta neanche adeguati standard culturali.

Le Forze Armate non possono perciò non risentire delle ina-

deguatezze che si registrano in ambito nazionale e che risultano tanto più penalizzati in quanto Elettronica, Nuovi Materiali ed Informatica costituiscono in proporzioni variabili, le componenti fondamentali dei vari sistemi altamente professionali richiesti dalla Difesa.

Sorge così l'esigenza che le Forze Armate comincino col prendere, nel proprio interno, una capacità autonoma d'intervento che includa un'ampia base culturale nella formazione individuale e la disponibilità di adeguate strutture operative a livello interforze.

In tal modo le Forze Armate guadagnerebbero un'auspicabile autonomia che si manifesterebbe, nei tempi brevi in una sostanziale capacità di scelta sia a monte che a valle dell'acquisizione dei sistemi d'arma e logistici, ma che potrebbe sboccare nel medio periodo in una capacità innovativa, preziosa nei confronti internazionali.

## **6. Le possibili linee d'intervento: formazione, strutture operative**

Mentre è senz'altro importante approfondire la situazione in cui il Paese e le Forze Armate in particolare, si collocano nei confronti di Elettronica, Nuovi Materiali ed Informatica, discipline che rappresentano tipici settori trasversali, che cioè determinano anche la funzionalità degli altri settori operativi, risulta comunque opportuno tracciare fin d'ora le possibili linee d'intervento.

Esse sono sostanzialmente due che risultano però fra di loro complementari e che debbono quindi essere attivate in opportuno sincronismo:

a) Formazione avanzata di personale militare appartenente ai Corpi Tecnici, alle Armi e Genio Navali ed al Genio Aeronautico.

b) Disponibilità di un Centro Studi e Ricerche da impiegare sia per la formazione del personale, sia per ricerche specializzate, sia per l'effettuazione di verifiche e collaudi.

Infatti un processo di formazione come quello che di fatto viene proposto è fondamentalmente incentrato su un consistente programma da svolgere in un'opportuna struttura (laboratorio) dotata dei mezzi necessari per condurre indagini teorico-sperimentali in settori scientifici d'interesse per la difesa e per il Paese.

È necessario inoltre tenere sempre presente che la ricerca non è di tutti anche se tutti possono averne notizia; ed è illusorio pensare che possa essere in qualche modo acquisita o trasferita.

Essa quindi appartiene solamente a chi la fa, a chi per essa dedica tempo e sacrificio e a chi con essa consolida la propria preparazione trovando motivi di generazione di nuove idee per ulteriori avanzamenti culturali e per produttive applicazioni.

Un modello di questo tipo basato sul binomio persona-ricerca, e sull'investimento culturale, è il solo in grado di promuovere concretamente il concetto di formazione dinamica su cui è basato questo progetto formativo.

Affinché esso possa adeguatamente esprimersi e fornire sostanziosi benefici sono necessarie tre condizioni:

a) la conoscenza degli obiettivi strategici evolventi a livello di ricerca;

b) la possibilità di dialogare con i protagonisti dello sviluppo scientifico;

c) la possibilità di esercitarsi nella ricerca a livello teorico-sperimentale in un laboratorio di formazione opportunamente dedicato.

La seconda fase richiede un pieno coinvolgimento nella ricerca a livello internazionale ed è condizione fondamentale per accedere alla prima.

Il progetto di formazione di cui si propone l'attuazione ha il seguente titolo generale: «Formazione sincronizzata» ed il Centro che si propone può assumere il ruolo di laboratorio di Formazione Sincronizzata (L.F.S.).

## 6.1 *Formazione del personale*

Il personale che nelle Forze Armate opera in area tecnico-scientifica è caratterizzato da tre livelli di formazione diversi: laurea, diploma di scuola secondaria superiore, diploma di specializzazione tecnica.

Per quanto si è detto i primi due livelli di formazione vanno integrati in maniera coordinata allo scopo di raggiungere standard qualitativi in grado di fare delle Forze Armate interlocutori efficaci con il mondo della Scienza e della Tecnica.

A questo proposito i corsi di laurea o di diploma forniscono senz'altro una buona base generale, ma occorre su di essa innestare ulteriori conoscenze avanzate e specifiche per raggiungere un'adeguata competitività con gli altri Paesi o semplicemente con il mondo esterno.

L'interazione negoziata oggi come mai così consapevolmente e tenacemente perseguita tra nazioni o blocchi intercontinentali, tendente a ridurre il potenziale medio distruttivo nel quadro globale difensivo-offensivo, ha come fine teorico il mantenimento dei variegati equilibri strategici o quantomeno delle condizioni ad essi più prossime.

Ciò nella convinzione, storicamente comprovata, che la pace nasce, si mantiene e si diffonde con più probabilità di successo, in condizioni di sostanziale parità di quelle forze o macrofattori caratterizzanti la crescita di un Paese. Tali forze che di fatto convivono con uno stato di presente belligeranza lentissimamente diluita nel tempo, ma non meno pericolosa, ostacolandola o promuovendola, attengono oggi i seguenti livelli educativi:

- morale;
- culturale;
- tecnico-amministrativo;
- tecnologico-industriale;
- economico-informativo.

Gli obiettivi fondamentali in gran parte responsabili dell'evoluzione dello sviluppo economico riguardano il controllo dei mercati presenti e di quelli di nuova generazione, di sempre più difficile accesso che si vanno formando sotto la spinta di logiche precostituite e programmate a livello multinazionale e che attengono, in ultima analisi, alla capacità tecnologica di produrre dispositivi e sistemi, nel senso più generale dei termini, di prestazioni sempre più spinte ed a costi competitivi.

E questa capacità introduttiva viene costruita giorno dopo giorno sul potenziamento e miglioramento delle basi culturali che un Paese è in grado di formarsi e consolidare.

Particolarmente significativa e di invalutabile nonché imprevedibile portata strategica, per le conseguenze sinergiche in tutti i settori da essa interessata, è la capacità di progetto e controllo per nuovi materiali e per nuove tecnologie. Tali capacità costituiscono, senza ombra di dubbio, le componenti insostituibili e trainanti del processo di sviluppo economico-sociale.

Ecco perché proprio nello studio di nuovi materiali e tecnologie sono oggi impegnate forze cospicue, messe in gioco dai Paesi in fase di più avanzato sviluppo.

Oggi a tali capacità devono essere aggiunte quelle relative alla gestione delle informazioni attraverso i mezzi informativi (elaboratori).

In questo contesto assume importanza fondamentale una formazione del personale del tutto particolare, possibilmente adeguata al continuo evolversi dei livelli culturali di riferimento.

Un tale tipo di formazione, di non facile attuazione, ma per i motivi che verranno poi considerati, sicuramente ad elevata produttività in quanto libera dal concetto statico di formazione fino ad oggi ancora considerato che ipotizza livelli statici di riferimento culturale, verrà di seguito chiamata: formazione sincronizzata. S'intende con questo termine un tipo di formazione agganciata in tempo reale al continuo evolversi delle realtà culturali di riferimento.

Esiste poi un altro aspetto ancora del tutto trascurato, che comincia purtroppo ad emergere e che spinge ad un momento di riflessione in vista della organizzazione degli orientamenti di base che dovranno ispirare e guidare la nascita e la crescita del laboratorio di formazione. Tale aspetto attiene al fatto che i tempi di variazione degli eventi ambientali (a livello di informazioni), stanno diventando dello stesso ordine di grandezza dei tempi caratteristici (variabili da caso a caso) di acquisizione delle informazioni da parte dell'uomo.

Ciò porterà inevitabilmente alla nascita di un automatico quanto inconscio comportamento da rilevare, delle trasformazioni in atto (sociologiche-politiche-economiche e culturali) solamente i valori medi, ed alla conseguente incapacità di distinguere dettagli importanti associati alle informazioni portate da queste trasformazioni.

I numerosi disorientamenti che possono essere rilevati in certi strati sociali e che potrebbero essere visti come generatori di gran parte dei mali di questo fine secolo (diffusione della droga, della disonestà, ridotta capacità di distinguere il bene dal male, propensione all'assuefazione, ridotta capacità di riflessione, ridotta capacità di commuoverci di fronte ad eventi tragici di cui siamo purtroppo testimoni, ecc.), sembrano avere origine nel raggiungimento dello stato limite nell'ambito del quale l'uomo comincia a manifestare difficoltà a convivere con gli eventi ed a controllarli.

Queste semplici considerazioni tendono ad accentuare l'opportunità di formazione di personale che possa superare i pericoli deri-

vanti dall'assorbimento in stati psico-ambientali da cui difficilmente si potrebbe essere rimossi.

Esistono dei modi per evitare che ciò accada; uno di questi attiene la promozione di una scuola ad altissimo livello.

Il momento della formazione, orientata a fornire opportunità di riflessione ed apprendimento per ben individuati e qualificati aspetti culturali, può giocare un ruolo determinante nella creazione di un nucleo di persone (militari) che per il fatto di essere tradizionalmente propense all'ordine mentale e formale, con il sostegno di un abito morale ineccepibile che le distingue, possano fornire garanzie di stabilità nel continuo e strategico processo di acquisizione sincronizzato della conoscenza ed in quello ancor più delicato della contemporanea diffusione culturale all'interno della struttura militare stessa.

Va poi osservato che questo progetto di formazione sincronizzata, pur tendente a soddisfare principalmente necessità culturali in ambiente militare, (attraverso la formazione di figure manageriali, ormai indispensabili, in grado di gestire ad alto livello le attuali strutture fondamentali dell'amministrazione della difesa: tecnico-amministrativa, tecnico-operativa e quelle che molto probabilmente saranno necessarie nel prossimo futuro: tecnico-informativo, tecnico-formativo) deve essere visto come un sistema flessibile ingresso-uscita in grado di promuovere un certo grado di mobilità con l'esterno, condizione fondamentale per garantire il consolidamento dei legami socio-economici con le realtà produttive ed accademiche del Paese.

#### *A) I quadri superiori*

L'utilizzazione da parte delle Forze Armate delle Strutture formative pubbliche o comunque dei programmi di formazione da essi utilizzati può fornire risultati soddisfacenti fino al livello di laurea.

Occorre invece disporre anche di personale con preparazione più elevata, ma specifica. Si tratta cioè di realizzare un livello di preparazione analogo a quello che gli istituti di istruzione superiore realizzano soprattutto mediante le scuole di specializzazione, anche se risulta particolarmente importante la presenza di alcuni degli elementi didattici tipici del Dottorato di Ricerca.

In ogni caso tale preparazione post laurea non può essere ottenuta mediante l'utilizzazione di strutture già operanti nelle nostre università in quanto si tratta di fornire agli allievi una preparazione specifica articolata in diverse componenti: dalla puntuale conoscenza delle metodologie scientifiche e tecniche più avanzate e dello stato dell'arte nelle discipline di competenza, alla realizzazione di collegamenti saldi e duraturi con il mondo della scienza e della tecnica, dalla possibilità di rapido orientamento nelle realtà produttive nazionali e internazionali, alla capacità autonoma di aggiornamento e infine alla corretta previsione delle esigenze tecnico-scientifiche delle Forze Armate nel breve e medio periodo sulla base dello stato dell'arte esistente.

Come si vede si tratta, attraverso un preciso ed articolato itinerario di formazione, di creare una classe di «esperti» in grado di prendere su sé, limitando convenientemente gli interventi esterni, non soltanto la gestione dei vari sistemi d'arma e dei servizi logistici, il che peraltro avviene soddisfacentemente anche adesso, ma soprattutto di assumersi il compito del costante adeguamento delle Forze Armate al mutevole stato della Scienza e della Tecnica nel quale esse sono via via chiamate ad operare.

Gli allievi, tutti in possesso di laurea tecnico-scientifica, saranno pertanto chiamati a seguire corsi avanzati e a superare i relativi esami, a soggiornare per congrui periodi di tempo presso laboratori nazionali particolarmente qualificati nella ricerca di base applicata, nonché presso centri di certificazione per quanto riguarda il delicato problema dell'affidabilità.

La formazione dovrebbe essere possibilmente completata da un adeguato soggiorno presso un centro di ricerche straniero di grande importanza.

I soggiorni presso i centri di ricerca esterni dovranno necessariamente comportare l'inserimento in un gruppo di ricerca operante a livello internazionale, in modo che l'allievo possa apprendere sul campo metodi e problematiche, acquistare familiarità con ambienti e procedure, lavorare nelle frontiere delle conoscenze.

In altre parole occorre, partendo dal laureato, procedere alla preparazione dell'esperto, scienziato e tecnologo, impresa lunga e non facile ma comunque indispensabile dal momento che qualunque struttura specialistica che voglia operare con ragionevoli pro-

spettive di successo, deve procedere in campo tecnico-scientifico alla preparazione del proprio personale nei vari settori d'interesse.

### *B) I quadri intermedi*

La formazione degli ufficiali diplomati di scuola secondaria superiore ha lo scopo di fornire personale altamente specializzato in alcune tecniche d'avanguardia, la cui utilizzazione risulta indispensabile sia per far fronte alle varie problematiche tecniche e scientifiche che si porranno al Centro Studi e Ricerche sia per la gestione delle sofisticate apparecchiature che in numero crescente risultano in dotazione ai reparti operativi.

Anche in questo caso, partendo dal diplomato tecnico occorre formare il tecnico specializzato mediante una procedura analoga a quella dei laureati.

Si seguiranno pertanto corsi di formazione orientati che comprenderanno lezioni avanzate nei settori specifici di formazione ed esercitazioni di laboratorio.

Seguiranno anche per i diplomati soggiorni presso laboratori scientifici o industriali nei quali le tecniche nelle quali occorre conseguire la specializzazione, vengono utilizzate a livello di eccellenza.

### *C) I quadri inferiori*

Il problema della formazione dei graduati e sottufficiali specialisti non viene qui affrontato per due motivi. Innanzitutto perché l'attuale situazione che si registra nelle Forze Armate appare in complesso soddisfacente e comunque facilmente suscettibile di opportuni adeguamenti nell'ambito delle strutture formative già esistenti. In secondo luogo e soprattutto perché, nelle organizzazioni che come le Forze Armate debbono operare a livelli tecnici, scientifici e organizzativi particolarmente avanzati, il rapporto fra laureati e dipendenti con formazione a livello di scuola secondaria, si sposta sempre più a favore dei primi ed è proprio in questo segmento della formazione che si registrano in tutte le aziende le carenze più vistose e si concentrano gli interventi.

## 6.2 Le strutture operative

Dovendo operare con soddisfacente efficienza in un contesto profondamente condizionato dall'innovazione (sia di prodotto che di processo), le Forze Armate debbono di conseguenza possedere una capacità propria di intervento alle frontiere della scienza e della tecnologia. Ciò non significa assolutamente che le Forze Armate debbano effettuare in proprio ricerca scientifica e tecnologica in tutta la vastissima gamma di discipline collegate con le proprie modalità d'intervento, ma che debbono almeno essere in grado di identificare con sufficiente esattezza, nell'ampio panorama della ricerca e sviluppo nazionale ed internazionale, gli interlocutori più adatti a cui affidare di volta in volta la soluzione dei problemi scientifici e tecnici di loro interesse. In altre parole le Forze Armate debbono essere in grado di valutare correttamente i termini esatti dei problemi di solito assai complessi ed avanzati che sono chiamati ad affrontare allo scopo di procedere a commesse convenienti fissando le specifiche opportune, effettuando i necessari collaudi ed infine procedendo ad una corretta utilizzazione dei risultati e dei prodotti ottenuti.

Ora non è possibile raggiungere questi standard in alcun modo senza disporre di personale costantemente aggiornato in campo scientifico e tecnico ed esiste altresì un solo modo di mantenere del personale aggiornato: quello di fargli svolgere attività di ricerca scientifica e tecnologica nel quadro della comunità scientifica e tecnica internazionale.

Chi produce nuove conoscenze o quanto meno nuove forme di utilizzazione della conoscenza, a livello competitivo su scala internazionale, deve *necessariamente* mantenersi a livello di costante aggiornamento e di costante collegamento con la comunità tecnico-scientifica e quindi può essere considerato un «esperto».

### A) Un Centro Scientifico-Tecnico per le Forze Armate

Da quanto finora esposto risulta evidentemente che le varie aree d'intervento scientifico e tecnico nelle quali debbono operare le Forze Armate sono strettamente interconnesse: consulenza, ricerca e sviluppo, formazione, approvvigionamenti, gestione, rappresen-

tano diverse manifestazioni di un'unica struttura culturale, di un Centro che deve rappresentare un preciso riferimento non solo per le Forze Armate ma per tutto il Paese.

In questo centro sorgerebbero i laboratori destinati sia ad attività di ricerca che a prove e collaudi, si terrebbero i corsi di formazione dei Quadri superiori, e saranno disponibili i necessari sistemi informativi.

Fra i numerosi comprensori dei quali le Forze Armate già dispongono, si dovrebbe scegliere un sito collocato in un'area ad elevata concentrazione culturale tecnico e dotata di insediamenti produttivi facenti uso di tecnologie avanzate.

Il Centro dovrebbe essere guidato da un organo decisionale formato in prevalenza da militari e presieduto da una personalità militare che stabilisca il raccordo con gli Organi di Governo delle Forze Armate. A tale organo decisionale spetterà individuare le strategie del Centro e decidere su tutte le questioni di rilevanza istituzionale e organizzativa, nonché sugli impegni finanziari.

Un organo scientifico, formato da esperti militari e civili e presieduto da uno scienziato di chiara fama, dovrà stabilire il raccordo con la comunità scientifica, fissare le metodologie, e curare in generale il funzionamento, mediante opportune proposte per l'utilizzazione delle risorse, stabilire le linee operative in ordine alla formazione del personale, all'attività scientifica, ai servizi, garantendo peraltro un costante adeguamento della struttura alle frontiere della scienza e della tecnologia.

#### *B) Le linee di ricerca all'interno del centro*

Questa è la parte più strategica che illustra in un documento come questo, che tende a descrivere a grandi linee la situazione internazionale, l'opportunità di attivazione di un laboratorio di formazione e le grandi aree di interesse.

Per sostenere adeguatamente la formazione è necessario dare vita ad un sistema di linee di ricerca che attengono alcuni aspetti fondamentali della microelettronica e dell'acquisizione dati, lo studio di materiali di particolare rilevanza nonché la scienza dell'informazione teorica ed applicata. Il tutto avrà come denominatore

comune l'acquisizione di informazioni in tutto lo spettro elettromagnetico che va da circa  $10^{-3}$  a  $10^{18}$  Hz. Per quanto attiene il numero delle persone costituenti lo staff permanente del Centro, i costi del laboratorio e delle attrezzature, i contenuti specifici dei corsi, le specifiche linee di ricerca, ecc., ciò potrà essere definito e programmato, a livello generale, congiuntamente con esperti della Direzione della Difesa qualora l'esito della presente proposta sia di buon auspicio per un eventuale proseguimento del progetto complessivo di formazione.

### *C) Risultati della formazione*

L'attivazione di un Centro Militare di Studi e Ricerche è vista e valutata come un'indispensabile azione strategica in grado di dare un sostanziale contributo alla costituzione dei quadri gestionali operativi della Difesa.

Alla base del concetto ispiratore di tale struttura è la ferma consapevolezza della enorme portata culturale derivante dal considerare la ricerca l'ambiente ideale della formazione (che dovrà essere opportunamente implementata nel sistema Difesa). È solamente in tale ambiente che possono venire acquisite e raffinate le qualità principali richieste da una moderna figura manageriale:

- a) elevata capacità di riflessione sugli eventi;
- b) elevata capacità di collegamenti teorico-sperimentali;
- c) elevata capacità di riconoscere ed implementare modelli;
- d) elevata capacità previsionale;
- e) elevata capacità di gestire grandi masse di dati;
- f) elevata capacità di analisi e sintesi.

Ed è in tale ambiente che possono nascere con più frequenza le opportunità di collegamenti nazionali ed internazionali, il dialogo diretto con il mondo scientifico e l'arricchimento nella interdisciplinarietà.

Inoltre più semplice risulta l'accessibilità alla conoscenza dei dispositivi e dei sistemi per mezzo delle citate attività sperimentali, nonché l'agganciamento a progetti concreti di ricerca scientifica di elevato valore.

Le mentalità di nuova generazione di cui si comincia a parlare

e di cui si sente pienamente la necessità non possono essere completamente formate in sede universitaria.

I significativi passi in avanti a livello culturale esigono una scuola operante a più elevati livelli, dove una forte disponibilità al sacrificio, allo studio teorico sperimentale dotato di scadenze e di obiettivi, la volontà di riuscire e la piena consapevolezza di operare per il bene comune, sono gli elementi trascinanti ed indispensabili per il raggiungimento degli scopi che il L.F.S. si prefigge.

Accanto a queste premesse, sempre nel rispetto delle procedure generali di gestione d'interesse della Difesa e dei principi primi ispiratori, è però necessario:

a) che il rinnovo di mentalità avvenga in sincronismo con le variazioni ambientali, con azione possibilmente ordinata e giammai subordinata;

b) che venga adeguata la normativa alle realtà evolventi;

c) attivare l'apertura, con efficiente determinazione, all'era manageriale (tenendo conto dei principi economici fondamentali come guida insostituibile nel quadro delle proposte di progetti richiedenti investimenti);

d) combattere l'obsolescenza (attraverso il progetto di strutture ad elevata flessibilità e di reti di gestione delocalizzate e controllate a livello multi-centrale);

e) che vengano istituzionalizzati ruoli specifici e carriere adeguate in grado di ospitare le nuove figure professionali e direzionali (persone cresciute nella logica del Centro ed i nuovi tecnici specializzati);

f) che vengano costituiti efficaci canali di scambio di informazioni tra le direzioni generali ed i quadri inferiori;

g) creare le condizioni per evitare o quanto meno ridurre il pericolo di frenare la benefica spinta culturale e professionale che ci si aspetta come prodotto del L.F.S. (attivando corsi particolari ed intensivi anche per chi opera ai più elevati livelli direzionali);

h) ridurre i tempi di realizzazione dei piani di gestione e di automazione;

i) che l'intero apparato della Difesa fino ai livelli più bassi (altrettanto importanti) cresca in questo spirito, con l'auspicio che la promozione del necessario salto di qualità si attui in modo possibilmente uniforme; ciò per evitare pericolose tensioni e rotture dei le-

gami tra unità attive ai diversi livelli operativi e per evitare che alcune fasce vengano retroassorbite in un clima di isolamento culturale.

L'attivazione di ricerche per ogni settore della Difesa non sembra oggi proponibile (anche se fundamentalmente l'idea non è del tutto utopistica), tuttavia sarà necessario, affinché il processo di trasformazione complessiva della Difesa diventi produttivo, dedicare prima o poi attenzione a questo problema per evitare di trovarsi impreparati di fronte a inaspettabili dilatazioni inelastiche dell'intera struttura in cui opera la Difesa.

## **7. Conclusioni**

La società contemporanea è caratterizzata dal grande impatto dell'innovazione. La scienza è necessaria non solo per produrre innovazione, ma anche per tenerne sotto controllo le conseguenze negative (degrado sociale e ambientale, esaurimento delle risorse naturali, ecc.).

Tutti i Paesi avanzati puntano sull'innovazione, ma pochi posseggono al proprio interno la possibilità di produrre quell'avanzamento culturale opportunamente dosato su cui essa è basata, le strutture per un efficace trasferimento tecnologico, le dimensioni economiche per realizzare l'innovazione che ovviamente include il successo di mercato.

La società contemporanea è anche caratterizzata da un'elevata interdipendenza delle sue varie componenti dovuta all'enorme accelerazione dei cambiamenti e, nell'ambito dei singoli comparti, da un'accentuata esigenza di multidisciplinarietà della quale occorre rendersi conto al più presto.

Le Forze Armate non fanno eccezione al quadro generale. Anche qui la loro efficacia si gioca sulla capacità innovativa che esse sono in grado di esprimere con l'aggiunta che, in un momento in cui il ruolo di difesa da minacce dirette da parte di altre potenze sembra diminuire, le Forze Armate potrebbero appunto trovare un grande spazio nell'ambito dell'economia del Paese accentuando quella caratteristica di laboratorio dell'innovazione che esse peraltro hanno sempre posseduto ed in particolare di costituire l'ambito ideale

per la sperimentazione del trasferimento tecnologico spesso in condizioni di anticipazione sul mercato, ma proprio per questo di grandissima utilità per il mercato.

Il nostro Paese è pesantemente penalizzato nel cammino che porta all'innovazione dalla scarsa capacità delle strutture pubbliche di provocare, sostenere e assecondare l'azione della comunità scientifica e del mondo produttivo.

Tutti ci auguriamo che il pubblico recuperi efficienza e competitività con gli altri Paesi, ma ormai da lunghi anni si procede in secche che ostacolano gravemente la navigazione.

Ciò è provato a livello europeo dalla riluttanza a localizzare in Italia la sede operativa di nuove iniziative Comunitarie.

Le Forze Armate possono costituire un ambito nel quale alcune delle componenti che danno luogo a gravi ostacoli nella governabilità del Paese risultano infinfluenti. Si tratta di un'esigenza profondamente sentita in campo culturale, come prova la proposta di legge sull'autonomia universitaria.

In particolare, continuare a vedere nelle Forze Armate del nostro Paese lo strumento dell'intervento «autoritario» dello Stato è anacronistico, riduttivo e fuorviante.

Le Forze Armate vanno piuttosto considerate come un complesso di risorse e di competenze destinate alla Difesa del Paese contro tutte quelle minacce che possono mettere in pericolo l'ordinata convivenza e lo sviluppo civile della collettività nazionale, siano esse provenienti da Paesi terzi, da gruppi eversivi interni o da fenomeni naturali.

A questo compito di «Difesa globale» ovviamente le Forze Armate non provvedono da sole, ma congiuntamente ad altri organi dello Stato. Ciò che caratterizza pertanto le Forze Armate non è perciò l'obiettivo della loro azione, ma le modalità d'intervento.

Le Forze Armate quindi rappresentano un elemento importante della complessa struttura in cui è articolata la difesa della società e che ha il compito di contribuire con metodi propri alla stabilità, all'ordine e al progresso della collettività nazionale.

## **APPENDICE A**

### **LA FORMAZIONE DEL PERSONALE PER LA COSTITUZIONE DELLA DIVISIONE MATERIALI DEL CENTRO STUDI E RICERCHE**

Sulla base delle esperienze fatte in Centri aventi finalità analoghe a quello che viene qui proposto si ravvisa la necessità che la «Divisione Materiali» si articoli nelle seguenti sezioni:

1. Preparazione dei materiali
2. Trattamento ed analisi superfici
3. Caratterizzazione microstrutturale e microanalitica
4. Caratterizzazione macroscopica
5. Servizi Generali

*I Servizi Generali* comprenderanno a loro volta officina meccanica ed elettronica, il centro di documentazione e di elaborazione dati, nonché un servizio di formazione tecnico-economica.

È evidente che una struttura del tipo descritto richiede la disponibilità di personale di elevata qualificazione ed in numero adeguato. Riveste pertanto importanza fondamentale la formazione del personale che valga a trasformare laureati e diplomati nelle discipline scientifiche e tecniche alla base delle varie attività del Centro, in ricercatori e tecnici, perfettamente aggiornati sui più recenti risultati conseguiti a livello internazionale ed adeguatamente inseriti in attività che richiedono grande iniziativa, elevato spirito di collaborazione ed ampia disponibilità ad effettuare lavoro di gruppo. Da tale personale verrà innanzitutto costituito l'organico del Centro; quindi esso potrà essere utilizzato per far fronte ad esigenze di personale specializzato per iniziative scientifiche ed industriali nel campo dei materiali.

#### **1. IL PROGRAMMA DI FORMAZIONE**

##### **Obiettivi**

L'obiettivo iniziale è rappresentato dalla formazione del personale necessario per la prima fase di attività del Centro.

In base alle valutazioni effettuate dal Gruppo di lavoro esso ammonta ad un totale di 30 ricercatori e 25 tecnici.

## **Laureati**

Vengono di seguito elencati i settori nei quali occorre disporre di competenze nonché il numero ed il tipo di laureati da formare per ciascun settore.

### **SEZIONE I**

#### **Preparazione materiali**

- A) Materiali ceramici: 1 laureato in Chimica, 1 laureato in Fisica;
- B) Materiali semiconduttori: 1 laureato in Chimica, 1 laureato in Fisica;
- C) Deposizione sotto vuoto: 1 laureato in Fisica o Ingegneria Elettronica;
- D) Deposizione epitassiale: 1 laureato in Chimica o in Fisica;
- E) Deposizione da plasma: 1 laureato in Chimica o in Fisica.

### **SEZIONE II**

#### **Trattamenti ed analisi superficiali**

- A) Fasci elettronici e ionici: 2 laureati in Fisica, 1 laureato Ingegneria Elettronica;
- B) Spettroscopia ESCA e AUGER: 2 laureati in Chimica, 1 in Fisica;
- C) Spettrometria di massa: 1 laureato in Chimica o Fisica.

### **SEZIONE III**

#### **Caratterizzazione microstrutturale e microanalitica**

- A) Tecniche di simulazione: 1 laureato in Fisica;

- B) Microscopia elettronica scansione: 1 laureato in Chimica o Fisica;
- C) Microscopia elettronica trasmissione: 2 laureati in Chimica o Fisica;
- D) Diffrazione Raggi X: 1 laureato in Fisica;
- E) Fluorescenza ed assorbimento: 1 laureato in Fisica, 1 laureato Chimica.

## SEZIONE IV

### Caratterizzazione macroscopica

- A) Caratterizzazioni elettriche: 2 laureati in Fisica o Ingegneria Elettronica;
- B) Caratterizzazioni ottiche: 2 laureati in Fisica o Ingegneria Elettronica;
- C) Caratterizzazioni meccaniche e termiche: 2 laureati in Fisica o Ingegneria Elettronica.

### Servizi generali

- A) Programmazione e marketing: 1 laureato in Economia e Commercio;
- B) Servizio calcolo: 1 laureato in Fisica o Matematica;
- C) Servizio documentazione: 1 laureato in Informatica.

### Diplomati

*I diplomati dovranno essere formati per i seguenti settori nel numero e con il tipo di diploma di seguito indicati:*

## SEZIONE I

### Preparazione materiali

- A) Materiali ceramici: 1 perito chimico, 1 perito meccanico;

- B) Materiali semiconduttori: 1 perito chimico;
- C) Deposizione sotto vuoto: 1 perito elettronico;
- D) Deposizione epitassiale: 1 perito chimico;
- E) Deposizione da plasma: 1 perito meccanico.

## **SEZIONE II**

### **Trattamenti ed analisi superficiali**

- A) Fasci elettronici e ionici: 2 periti chimici o elettronici o meccanici;
- B) Analisi superficiali: 2 periti chimici o elettronici o meccanici.

## **SEZIONE III**

### **Caratterizzazione microstrutturale e microanalitica**

- A) Microscopia elettronica: 1 perito elettronico, 2 periti chimici;
- B) Diffrazione Raggi X: 1 perito elettronico;
- C) Fluorescenza ed assorbimento: 1 perito chimico.

## **SEZIONE IV**

### **Caratterizzazione macroscopica**

- A) Caratterizzazioni elettriche: 1 perito elettronico;
- B) Caratterizzazioni ottiche: 1 perito elettronico;
- C) Caratterizzazioni meccaniche e termiche: 1 perito elettronico o meccanico;
- D) Preparazione provini: 1 perito chimico.

### **Servizi generali**

- A) Officina meccanica: 1 perito meccanico, 1 perito elettronico o elettrotecnico;
- B) Officina elettronica: 1 perito elettronico;

- C) Servizio programmazione marketing: 1 Diplomato scuola secondaria superiore;
- D) Servizio calcolo: 1 perito informatico;
- E) Servizio documentazione: 1 diplomato scuola secondaria superiore.

## 1.2 *Contenuti generali*

Si dovrà innanzitutto procedere a completare ed affinare le conoscenze. Ciò avverrà mediante la frequenza di corsi avanzati aventi lo scopo di fornire su scala diversa sia ai laureati che ai diplomati una base culturale comune. Essi dovranno essere messi in grado di seguire senza difficoltà ed apportando diretti contributi, discussioni scientifiche e tecniche di carattere generale.

I formandi dovranno inoltre acquisire un adeguato aggiornamento sul fronte della ricerca ed adeguate conoscenze delle tecniche e metodologie più avanzate. Ciò richiede necessariamente anche periodi di attività presso laboratori esterni nazionali ed esteri, che in tali tecniche e metodologie abbiano raggiunto un livello di competenza particolarmente elevato.

Pertanto il programma dei corsi contiene le seguenti classi di contenuti:

### LAUREATI

a) **Fisica dello stato solido.** Strutture Cristalline, Teoria delle bande, Fenomeni di trasporto, Difetti nei solidi, Proprietà ottiche, Semiconduttori, Effetto dei Droganti, Dielettrici, Ferroelettrici, Proprietà magnetiche.

b) **Chimica dello stato solido.** Diffusione, Reattività, Cinetica, Macromolecole, Polimeri, Compositi, Sinterizzazione, Corrosione, Catalisi, Refrattari, Proprietà meccaniche dei solidi.

c) **Termodinamica e meccanica statistica.** Termodinamica classica, Termodinamica Statistica, Applicazioni ai solidi, Dinamica e Termodinamica di non equilibrio, Struttura ed energia libera delle fasi nelle leghe, Diagrammi di equilibrio.

**d) Tecnologia dei materiali.** Prospettive tecnologiche, Microstrutture e proprietà dei materiali, Materiali ceramici strutturali, Polimeri e compositi e loro biocompatibilità, Metalli e leghe semiconduttori e dispositivi a semiconduttore, Materiali magnetici e relativi dispositivi, Materiali per optoelettronica, Amorfi, Trattamenti superficiali, Film, Fratture, Corrosione.

**e) Metodi di caratterizzazione ed analisi.** Metallografia, Tecniche convenzionali, Tecniche di analisi di superfici, Caratterizzazione microstrutturale non convenzionale, Microscopia elettronica e tecniche microanalitiche.

**f) Tecniche specifiche.** Vuoto, Alte temperature, Alte pressioni, Criogenia, Tecniche fisiche di deposizione, Utilizzazione macchine radiogene e materiali radioattivi, Automazione delle misure, Elementi di elettronica analogica e digitale, Bilanci energetici.

**g) Metodologia e strutture della ricerca.** Accrescimento delle conoscenze e loro utilizzazione, Diffusione dei risultati, Struttura della ricerca in Italia, C.N.R., E.N.E.A., I.N.F.N., Iniziative coordinate, Iniziative per il Mezzogiorno, Ricerca negli altri Paesi, Iniziative europee.

**h) Innovazione e trasferimento tecnologico.** Risorse tecnologia e produzione, Teoria microeconomica della produzione, Rendimenti di scala, Valutazione della prestazione industriale, Invenzione, Sviluppo e innovazione, Effetti del cambiamento tecnologico, Conseguenze internazionali, Politiche e strumenti d'intervento.

**i) Introduzione all'informatica e applicazioni.** Elaborazione elettronica delle informazioni, Archivi, Software per basi di dati, Elaborazioni Statistiche, Elaborazioni grafiche, CAD, Pacchetti integrati, Tipologie di reti e problematiche connesse, Sistemi informativi, Sistemi esperti.

## DIPLOMATI

**a) Matematica.** Numeri reali e complessi, Funzioni continue, Sistemi

lineari, Sistemi cartesiani, Vettori, Geometria analitica.

b) **Fisica.** Cinematica e dinamica del Punto materiale e dei sistemi, Moti relativi, Lavoro ed energia, Temperatura, Funzioni e cicli termodinamici, Interazioni elettrostatiche ed elettromagnetiche, Ottica geometrica e ondulatoria.

c) **Chimica.** Costituzione della materia, Legami chimici, Elementi di stchiometria, Sali acidi e basi, Reazioni chimiche, Cenni di elettrochimica, Carbonio e suoi legami.

d) **Stato solido.** Struttura cristallina, Legami nei cristalli, Cristalli ionici e covalenti, Legame idrogeno, bande nei solidi, Metalli isolanti e semiconduttori.

e) **Informatica.** Elaboratore elettronico, Sistemi operativi, Linguaggi, Programmazione, Sistemi informativi, Codifica delle informazioni, Reti locali.

f) **Elettronica.** Semiconduttori, giunzioni, diodo, Transistor ed amplificazione, Amplificatori operazionali, Logica booleana e porte logiche, Caratterizzazione di famiglie logiche, Reti, Memorie, microprocessori, Hardware e Software per progettazione.

g) **Tecniche di caratterizzazione.** Sistemi di controllo e di processo, Caratterizzazione elettrica, ottica meccanica, Termica, elettrochimica, Prove accelerate, Standard, certificazione.

h) **Tecnologia dei materiali.** Tecniche di crescita per metalli, ceramici, macromolecole e polimeri, semiconduttori, materiali magnetici, Film a coating ottici, Preparazione dei materiali di partenza, purificazione, manipolazione polveri e gas, igiene del lavoro.

i) **Disegno tecnico.** Proiezioni e prospettive, Normative per il disegno tecnico, Progettazione meccanica di componenti e sistemi, Lavorazioni e macchine utensili.

j) **Inglese.** Regole fondamentali di grammatica, Frasi idiomatiche

correnti, Espressioni di uso corrente nella terminologia tecnico-scientifica.

k) **Laboratorio.** Tecnica del vuoto, Termometria, Misure elettriche, ottiche, Automazione delle misure, Programmazione per calcolatore, Caratterizzazione fotoelettronica, Progettazione elettronica analogica e digitale.

### 1.3 *Metodologia formativa*

Comprende una certa quota di lezioni atte a completare le conoscenze acquisite durante i corsi universitari e scolastici. Tali conoscenze vengono però integrate e verificate mediante: Associazione a progetti di ricerca in corso di svolgimento presso dipartimenti universitari ed altri istituti scientifici italiani e stranieri, scelti in base alle caratteristiche dei formandi e dei livelli di preparazione che essi vengono chiamati a raggiungere; studio di casi di rilevanza per le Forze Armate; esame assieme ai vari responsabili di problemi affidati al Centro e delle varie fasi organizzative e operative che ne scandiranno la soluzione; partecipazione a Seminari e Workshop sui principali temi di attività del Centro.

### 1.4 *Struttura didattica*

Il primo anno di formazione, alle quali seguirà nel secondo anno un'attività di completamento basato prevalentemente su soggiorni presso Istituti specializzati stranieri, risulta così articolato:

#### **Prima Fase: Laureati**

**Durata:** quattro mesi

**Obiettivo:** Creazione di una base culturale omogenea per i formandi sulla quale innestare la preparazione differenziata per i vari settori nei quali i formandi sono destinati ad operare.

### **Prima Fase: Diplomatici**

**Durata:** tre mesi

**Obiettivo:** Creazione di una base culturale necessaria nell'acquisizione delle varie tecniche specialistiche.

**Modalità operativa:** Corsi di base a livello post-scolastico.

### **Seconda fase: Laureati**

**Durata:** otto mesi

**Obiettivo:** Formazione specialistica mirata a sviluppare la capacità a partecipare ad attività di ricerca e ad interagire con le Industrie a livello di commesse e collaudi di sistemi d'arma.

**Modalità operativa:** Stages esterni presso Istituti e Laboratori che operano con particolare successo nei vari settori specialistici allo scopo di realizzare un opportuno «Training on the job».

### **Seconda fase: Diplomatici**

**Durata:** nove mesi

**Obiettivo:** Acquisizione delle tecniche che il diplomatico sarà chiamato ad impiegare a supporto dell'attività di ricerca presso i reparti operativi.

**Modalità operativa:** Stages presso Laboratori che utilizzano le varie tecniche a livello di eccellenza e/o presso le ditte costruttrici delle relative apparecchiature.

### **1.5. Articolazione temporale formazione**

*Per i Laureati la preparazione in sede avrà la durata di 16 set-*

timane. L'impegno complessivo settimanale è previsto in 40 ore articolate in 5 giorni, per un totale quindi di 640 ore su 80 giorni.

Lo schema di riferimento per l'attività formativa quotidiana prevede pertanto per la prima fase:

- 5 ore giornaliere di lezione in aula,
- 3 ore giornaliere per esercitazioni con tutor, studio, partecipazione a seminari.

*Per i Diplomati* la preparazione in sede avrà la durata di 12 settimane con un impegno complessivo settimanale di 40 ore ripartite su cinque giorni. Il totale è quindi previsto in 480 ore su 60 giorni.

Lo schema di riferimento per l'attività formativa quotidiana prevede per la prima fase:

- 5 ore giornaliere di lezione in aula,
- 3 ore giornaliere di Laboratorio, Disegno Tecnico, Lingua inglese.

Per la seconda fase «fuori sede» tanto i Laureati che i Diplomati saranno tenuti a seguire l'orario di lavoro degli Istituti, Laboratori o Ditte presso i quali saranno distaccati, per una presenza settimanale non inferiore alle 40 ore.

## **2. DESCRIZIONE FASE FORMATIVA**

### **2.1 Prima fase Laureati**

Come già accennato la prima fase della formazione che si svolgerà in sede avrà luogo mediante la frequenza di corsi monografici di base, la partecipazione a seminari, lo studio di casi di immediato interesse per il Centro e la preparazione di tesine.

Gli obiettivi specifici dei corsi sono i seguenti:

#### **Fisica dello stato solido - 40 ore**

Costituisce la base della moderna Scienza e Tecnologia dei ma-

teriali. È essenziale che i ricercatori abbiano una solida base comune di conoscenze essenziali ed un primo orientamento sull'interpretazione delle proprietà dei vari tipi di solido di interesse applicativo.

La parte centrale del corso riguarda lo studio delle proprietà fisiche delle principali famiglie dei solidi, con enfasi sui materiali di preminente interesse applicativo, ed ha l'obiettivo di fornire le basi essenziali per la comprensione delle loro caratteristiche tecnologiche. Un'attenzione particolare verrà dedicata alle proprietà meccaniche la cui comprensione è essenziale allo studio e allo sviluppo di materiali strutturali.

Sarà dedicata particolare attenzione alla soluzione di problemi significativi con il coinvolgimento diretto degli allievi. Ciò allo scopo di rimediare alla frequente astrattezza dell'impostazione dei corsi universitari italiani e di abituare alla operatività concreta degli strumenti concettuali.

### **Chimica dello stato solido - 40 ore**

Nella Scienza e nella Tecnologia dei materiali è spesso necessaria l'attuazione di conoscenze e metodologie tipiche della Chimica.

L'obiettivo del corso è quello di dare ai formandi gli elementi essenziali della Chimica dello Stato Solido con particolare riferimento alle reazioni allo Stato Solido, ai processi di diffusione, sinterizzazione, corrosione, ed alla deposizione da fase vapore.

Anche in questo caso è necessario fornire ai formandi una solida base comune di conoscenze essenziali ed un primo orientamento sull'interpretazione «chimica» dei processi di interesse applicativo. Particolare rilevanza verrà data all'impostazione e soluzione di problematiche tipiche dell'attività produttiva.

### **Termodinamica e meccanica statistica dei materiali - 40 ore**

Le proprietà dei materiali sono prevalentemente determinate dal comportamento di numeri elevatissimi di atomi o molecole identici. La trattazione termodinamica assume pertanto importanza fondamentale accanto alle informazioni che possono essere ottenute mediante la Meccanica Statistica.

L'obiettivo del corso è quello di dare ai formandi gli elementi

essenziali di termodinamica e meccanica statistica applicata ai solidi con cenni di dinamica e termodinamica di non equilibrio, strutture delle fasi, energia libera nelle leghe, diagrammi di equilibrio.

### **Tecnologia dei materiali - 50 ore**

L'obiettivo generale del corso è l'illustrazione e la spiegazione della stretta interconnessione fra Scienza e Tecnologia dei materiali, con riferimento ai vari settori disciplinari (Chimica, Fisica, Ingegneria).

Partendo dall'esame delle proprietà chimiche, fisiche e strutturali dei vari materiali verranno sottolineate le motivazioni che sono alla base della loro utilizzazione con vantaggi e limiti di caratteristiche funzionali ed economiche.

Particolare rilievo verrà dato alle applicazioni tipiche dell'alta tecnologia, semiconduttori composti, superconduttori ceramici, nonché a quelle forme di utilizzazione quali amorfi e film che consentono prestazioni precluse all'uso dei materiali massivi.

### **Metodi di caratterizzazione ed analisi - 40 ore**

Saranno evidenziate le potenzialità, i limiti e le interconnessioni delle diverse metodologie nell'ambito della caratterizzazione dei materiali. Si fornirà un quadro organico delle informazioni che è possibile ottenere e dei modi di integrarle per giungere alla soluzione dei vari problemi, tenendo conto delle caratterizzazioni dei vari tipi di materiali con particolare riferimento a quelli che verranno più frequentemente studiati dal C.N.R.S.M.. Una serie di seminari specialistici sarà infine dedicata a tutte le tecniche di caratterizzazione previste dal piano esecutivo del Progetto.

### **Tecniche specifiche - 50 ore**

Il corso si propone di fornire ai ricercatori che opereranno nel Centro le conoscenze di base e le modalità di impiego e di controllo delle tecniche di carattere generale quali: vuoto, alte temperature, criogenia, nonché di alcune tecniche di uso particolare quali traccianti radioattivi, fasci di particelle (elettroni, ioni, raggi X). Il cor-

so verrà completato dalla discussione dei problemi connessi con l'uso razionale dell'energia, l'interfacciamento, l'automazione delle misure.

### **Metodologie e struttura della ricerca - 30 ore**

Verrà innanzitutto illustrato e discusso il ruolo della ricerca scientifica nella Società contemporanea. Saranno trattate le Metodologie generali della Ricerca con particolare rilievo alla formulazione dei programmi e all'utilizzazione dei risultati.

Saranno anche passate in rassegna le principali strutture di ricerca operanti in Italia e nella CEE. Un confronto nell'ambito della situazione internazionale completerà il corso.

### **Innovazione e trasferimento tecnologico - 40 ore**

Verrà tracciato un quadro di riferimento culturale e metodologico di linguaggio per il raccordo delle attività scientifiche e tecnologiche con la dinamica delle imprese, dei settori industriali e più in generale dell'economia.

Dopo un'introduzione finalizzata ad illustrare la complessità del processo innovativo e la molteplicità delle variabili in gioco, s'intende sviluppare, affidandosi a tecniche di modellizzazione, le più importanti problematiche dell'economia del mutamento tecnologico. Saranno introdotte le grandezze microeconomiche più significative e le leggi che regolano il comportamento delle imprese, nonché l'evoluzione dei comparti industriali in rapporto all'innovazione.

### **Introduzione all'informatica e sue applicazioni - 30 ore**

Nell'ambito della preparazione ad un'attività di ricerca in settori di rapida evoluzione, risulta fondamentale avvicinare i borsisti alle tecnologie informatiche attraverso l'uso di pacchetti e di programmi applicativi. Partendo appunto dalle principali tipologie di programmi applicativi si costruisce il relativo quadro di supporto e si sviluppano le capacità di uso, consentendo al termine del corso un adeguato impiego del calcolatore in ordine alla soluzione dei vari problemi.

## **Lingua inglese - 40 ore**

I formandi laureati dovranno già conoscere gli elementi fondamentali della lingua inglese ed essere in grado di leggere almeno l'inglese tecnico-scientifico. Essi seguiranno comunque un corso di formazione avanzata che servirà, assieme ad un'adeguata frequenza di un laboratorio linguistico, a metterli in grado di comunicare in inglese in occasione di viaggi di lavoro e di seguire seminari o comunque comunicazioni scientifiche in lingua inglese partecipando appropriatamente alla discussione.

Per i formandi diplomati, si partirà dai fondamenti della lingua, per metterli in grado di leggere correttamente la letteratura tecnica e scientifica e di effettuare semplici corrispondenze in inglese per motivi di lavoro.

Saranno soprattutto curati l'insegnamento di termini, espressioni e discorsi relativi al campo di attività del C.N.R.S.M..

## **2.2 Prima fase Diplomati**

Anche per i diplomati la prima fase della formazione avverrà in sede e comprenderà corsi monografici, seminari e l'esame di casi d'immediato interesse per il Centro. Gli obiettivi dei corsi che tendono soprattutto a richiamare e riordinare quanto già acquisito in sede di curriculum scolastico sono i seguenti:

### **Matematica - 40 ore**

S'intende portare i borsisti diplomati all'utilizzazione pronta ed efficace dello strumento per la soluzione di problemi tecnici, nonché ad un'adeguata comprensione delle derivazioni matematiche presenti in testi e manuali di comune consultazione.

### **Fisica - 40 ore**

Verrà soprattutto sottolineato il valore del metodo scientifico d'indagine, del quale i vari capitoli della fisica che verranno richiamati costituiscono significativi esempi. Verrà anche stabilito il nesso fra leggi fisiche e l'utilizzazione più razionale dei materiali.

### **Chimica - 40 ore**

Il comportamento chimico della materia verrà inquadrato nell'ambito della costituzione della materia, della struttura atomica, dei tipi di legame chimico. Elementi di stechiometria con riferimento a reazioni fra i principali Sali, Acidi e basi, nonché l'illustrazione del ruolo peculiare del Carbonio e dei suoi legami, completeranno il corso.

### **Stato solido - 40 ore**

Verranno illustrate le caratteristiche strutturali dei solidi ed il diverso tipo di legami che essi presentano. Opportuni cenni sulla struttura a bande consentiranno di giungere ad una descrizione qualitativa delle proprietà di metalli, isolanti, semiconduttori. Il corso verrà completato dall'esame delle principali proprietà meccaniche, ottiche, elettriche dei solidi.

### **Informatica - 40 ore**

Verranno illustrate l'architettura e la potenzialità di un elaboratore elettronico. Verranno inoltre forniti cenni sui linguaggi, sulla programmazione strutturata, i sistemi informativi e le reti locali, allo scopo di mettere i borsisti in condizione di valutare correttamente il ruolo che può essere assunto dall'elaboratore nella soluzione di problemi tecnici.

### **Elettronica - 30 ore**

L'obiettivo è quello di fornire i più significativi esempi dell'utilizzazione dei principali dispositivi, diodi, transistor, amplificatori, nei sistemi elettrici, nonché il ruolo determinante che per il loro funzionamento gioca il tipo di materiale usato. Verranno anche illustrati circuiti integrati complessivi come le memorie e i microprocessori e le loro applicazioni.

### **Inglese - 40 ore**

Obiettivo dell'insegnamento che verterà sugli elementi essen-

ziali del linguaggio è quello di mettere i borsisti in condizione di leggere speditamente i manuali tecnici.

### **Teniche di caratterizzazione - 40 ore**

L'obiettivo è di familiarizzare i borsisti con le principali tecniche di caratterizzazione dei materiali: elettriche, ottiche, meccaniche, termiche. Verranno inoltre forniti cenni sugli standard di interfacciamento della strumentazione per acquisizione di dati on line e sulle prove accelerate per valutazioni di affidabilità.

### **Tecnologie dei materiali - 40 ore**

Obiettivo del corso è di illustrare le tecniche di crescita dei vari materiali in forma massiva e di film, nonché i vari metodi di purificazione e di manipolazione dei materiali di partenza.

### **Disegno tecnico - 30 ore**

Scopo del corso è quello di riassumere e riordinare le conoscenze dei borsisti con particolare riferimento alle normative, tolleranze e progettazione di componenti e sistemi. Il corso sarà completato da richiami sulle lavorazioni e sulle macchine utensili e da cenni CAD e CAM.

### **Laboratorio - 100 ore**

Obiettivo del corso è di mettere immediatamente i borsisti a contatto con le varie strumentazioni ed i problemi collegati al loro funzionamento. Verranno soprattutto illustrate le metodologie corrette per l'effettuazione delle varie misure, le varie cause di errori ed i criteri da seguire nella loro valutazione.

## **2.3 Ripartizione lezioni**

Una razionale ripartizione dei carichi di lavoro della prima fase di formazione fra lezioni, studio ed esercitazioni, anche alla luce

di alcune ovvie propenticità di argomenti, è illustrata nelle Tabelle 2.3-I e 2.3-II rispettivamente per laureati e diplomati.

TAB. 2.3.-I

Ripartizione lezioni diplomati

Settimane	Materie	Ore Totali	Ore Settimanali	Raggruppamento nella settimana
1-6	Matematica	40	6 (8 ore per 2 sett.)	2 + 2 + 2 (+2)
	Fisica	40	6 (8 ore per 2 sett.)	2 + 2 + 2 (+2)
	Chimica	40	6 (8 ore per 2 sett.)	2 + 2 + 2 (+2)
	Elettronica	30	4 (6 ore per 3 sett.)	2 + 2 (+2)
	Disegno	20	3 (4 ore per 2 sett.)	1 + 1 + 1 (+1)
	Inglese	20	3 (4 ore per 2 sett.)	1 + 1 + 1 (+1)
	Laboratorio	50	8 (10 ore per 1 sett.)	2 + 2 + 2 + 2 (+2)
7-12	Tecniche caratterizz.	40	6 (8 ore per 2 sett.)	2 + 2 + 2 (+2)
	Tecnologia materiali	40	6 (8 ore per 2 sett.)	2 + 2 + 2 (+2)
	Disegno	20	3 (4 ore per 2 sett.)	2 + 2 + 2 (+2)
	Solidi	30	4 (6 ore per 3 sett.)	2 + 2 (+2)
	Informatica	40	6 (8 ore per 2 sett.)	1 + 1 + 1 (+1)
	Inglese	20	3 (4 ore per 2 sett.)	1 + 1 + 1 (+1)
	Laboratorio	50	8 (10 ore per 1 sett.)	2 + 2 + 2 + 2 (+2)
Totale 12 settimane per 340 ore di lezione e 140 di laboratorio, articolate in 25 ore di lezioni settimanali e 15 ore di laboratorio, disegno tecnico, inglese.				

TAB. 2.3.-II

## Ripartizione lezioni laureati

Settimane	Materie	Ore Totali	Ore Settimanali	Raggruppamento nella settimana
1-8	Fisica dei Solidi	40	5	2 + 2 + 1
	Chimica dei Solidi	40	5	2 + 2 + 1
	Mecc. Statistica e Terodin.	40	5	2 + 2 + 1
	Metodologia della Ricerca	30	4 (3 ore per 2 sett.)	2 + 2 o 2 + 1
	Informatica	30	4 (3 ore per 2 sett.)	2 + 2 o 2 + 1
	Inglese	20	3 × 4 + 2 × 4	1 + 1 + 1 + 1 + 1
9-16	Scienza e Tecnologia mat.	50	6 (8 ore per 1 sett.)	2 + 2 + 2
	Metodi Caratteriz. Analisi	40	5	2 + 2 + 1
	Tecniche Specifiche	50	6 (8 ore per 1 sett.)	2 + 2 + 2
	Innovazione e Trasferimento	40	5	2 + 2 + 1
	Inglese	20	3 × 4 + 2 × 4	1 + 1 + 1 + 1 + 1
Totale 16 settimane per 400 ore di lezione, articolate in 25 ore di lezione alla settimana e 15 ore di studio, seminari, esercitazioni				

## **2.4 Seconda fase Laureati «Stages»**

Come già detto la seconda fase della formazione consiste in «Stages» presso Istituti e Laboratori esterni che presentino consolidata esperienza nei vari settori disciplinari in cui dovranno poi operare presso il Centro i laureati in formazione.

Il soggiorno fuori sede assume un valore che va bene al di là della semplice acquisizione di conoscenze e di metodologie specifiche.

In particolare i formandi avranno modo di operare all'interno di strutture di ricerca che rappresentano quanto di meglio esiste nel Paese nei settori di proprio interesse e di valutarne i moduli organizzativi che comunque potranno costituire un riferimento nella futura attività del Centro. Un altro considerevole vantaggio sarà rappresentato dalla possibilità di stabilire validi collegamenti sul piano personale con numerosi esperti del settore, i quali in futuro potranno essere in qualche modo coinvolti in aspetti particolari della vita del Centro attraverso scambio d'informazioni e di materiali, utilizzazione di particolari attrezzature, consulenze, ecc.

Vengono descritti di seguito gli stages previsti per i laureati, sottolineando che in seguito ad una più precisa focalizzazione delle attività del Centro potrebbero essere introdotte leggere modifiche al momento della loro realizzazione.

### **SEZIONE I**

#### **Preparazione materiali**

##### **A) Materiali ceramici**

**Obiettivo:** Acquisizione delle metodologie per la manipolazione, preparazione e caratterizzazione dei materiali ceramici;

**Contenuti:** Inserimento in un gruppo di ricerca impegnato in programmi di immediato interesse per l'attività del Centro;

Istituzioni disponibili: Ist. Ricerche Tecnologiche Ceramiche  
CNR Faenza, Centro Ricerche Venezia,  
TEMAV.

## **B) Materiali semiconduttori**

**Obiettivo:** Acquisizione delle metodologie per la preparazione, la caratterizzazione e l'impiego di semiconduttori;

**Contenuti:** Inserimento in uno dei gruppi che risulta maggiormente impegnato nella preparazione e nell'uso di semiconduttori di nuova generazione;

Istituzioni disponibili: Ist. Elettronica stato solido CNR Roma, Ist. Materiali Speciali Elaboratori Industriali; si segnalano quelli della CSELT-STET - Torino, SGS-Thompson di Agrate Biranza (MI), della Telettra di Vimercate (MI), della Selenia di Roma, e SGS-Catania.

## **C) Deposizione sotto vuoto**

**Obiettivo:** Impiego di tecniche di evaporazione, sputtering per preparazione di coating ottici e per metallurgica, nonché di film su substrati elettronici e piezoelettrici da utilizzarsi nella realizzazione di componenti optoelettrici;

**Contenuti:** Partecipazione ad attività operativa nell'ambito di un gruppo di ricerca convenientemente inserito nel quadro dell'attività di optoelettronica del nostro Paese;

Istituzioni disponibili: Centro Ricerche per l'Energia ENEA Casaccia (Roma), Dipartimento di Scienza dei Materiali dell'Università di Lecce, CSELT-STET Torino, Laboratorio Selenia Roma.

#### **D) Deposizione epitassiale**

**Obiettivo:** Acquisizione delle metodologie più appropriate per la preparazione di strati epitassiali di varia natura su opportuni substrati;

**Contenuti:** Deposizione epitassiale da fase vapore con particolare riferimento alla deposizione da metallorganici e alla deposizione da fasci molecolari;

**Istituzioni disponibili:** MASPEC-CNR Parma, ITSE-CNRS Roma, CSELT-STET Torino, CISE Milano; Dip. di Scienza dei Materiali dell'Università di Lecce.

#### **E) Deposizione da Plasma**

**Obiettivo:** Acquisizione delle metodologie correnti per la preparazione di strati sottili di varia misura attraverso la tecnica di deposizione da plasma;

**Contenuti:** Deposizione da plasma di coating passivanti, dielettrici, semiconduttori ed etching. Gestione e sicurezza degli impianti, analisi spettroscopica;

**Istituzioni disponibili:** Centro Chimica dei Plasmi CNR Bari.

### **SEZIONE II**

#### **Trattamenti ed analisi di superfici**

##### **A) Fasci elettronici e ionici**

**Obiettivo:** Formazione di leghe superficiali, modifiche strutturali, drogaggi mediante fasci elettronici e ionici, tecniche di analisi con fasci ionici energetici;

**Contenuti:** Modalità operative dell'uso di fasci elettronici e ionici e loro interazione con la materia;

Istituzioni disponibili: Divisione TIB Centro ENEA Casaccia-Roma, Dipartimento Fisica Università di Catania, Dipartimento Fisica Università di Padova, Laboratori Nazionali Legnaro (Padova), LAMEL-CNR - Bologna.

## **B) Spettroscopia ESCA e AUGER**

Obiettivo: Analisi spettroscopica mediante fotoelettroni o elettroni Auger in materiali inorganici e organici con particolare riferimento ai materiali ceramici;

Contenuti: Partecipazione ad analisi ed a ricerche che utilizzano le tecniche spettroscopiche indicate;

Istituzioni disponibili: Laboratori Eniricerche Monterotondo (Roma), Ist. Struttura della Materia CNR Frascati (Roma), Ist. Chimica Università di Padova, Dipartimento Fisica Università di Roma-Tor Vergata, Dipartimento TIB Enea.

## **C) La formazione degli ufficiali dei corpi tecnici**

Obiettivo: Analisi mediante uso di spettrometria di massa di ioni secondari da materiali semiconduttori e ceramici nonché di tracce in materiali inorganici;

Contenuti: Partecipazione ad attività di caratterizzazione di materiali e dispositivi;

Istituzioni disponibili: Dipartimento di Chimica dell'Università di Roma-La Sapienza, Laboratori Eniricerche Monterotondo (Roma), Centro Ricerche - Venezia-TEMAV, Dipartimento di Fisica - Padova.

### SEZIONE III

#### Caratterizzazione microstrutturale e microanalitica

##### A) Tecniche di simulazione

**Obiettivo:** Tecniche di simulazione dei processi d'interazione elettrone-materia nell'ambito della microscopia elettronica;

**Contenuti:** Apprendimento delle principali tecniche di simulazione relative a perdita di energia, produzione di raggi X, processi di retrodiffusione;

**Istituzioni disponibili:** Ist. LAMEL-CNR Bologna, Dipartimento Ingegneria Meccanica Università di Roma-Tor Vergata.

##### B) Microscopia elettronica a scansione

**Obiettivo:** Analisi mediante microscopia elettronica a scansione della morfologia di tracce delle superfici in materiali massivi e film sottili;

**Contenuti:** Utilizzazione della microscopia elettronica a scansione nelle diverse modalità operative. Valutazione critica dei programmi di calcolo di uso più comune;

**Istituzioni disponibili:** Laboratorio Microscopia Elettronica ENEA Casaccia, Dipartimento Ingegneria Meccanica Università di Roma-Tor Vergata; Istituto LAMEL-CNR Bologna; Dip. di Scienza dei Materiali dell'Università di Lecce.

##### C) Microscopia elettronica in trasmissione

**Obiettivo:** Diffrazione a fasci convergenti, tecniche di contra-

sto per lo studio di difetti cristallografici e spettrometria elettronica a perdita di energia;

**Contenuti:** Studi di strutture cristallografiche e attività di microanalisi X nell'ambito di un articolato programma di ricerca;

**Istituzioni disponibili:** Dipartimento Mineralogia Università di Perugia, Dipartimento Energetica Università di Roma-La Sapienza, Istituto LAMEL-CNR Bologna, Dipartimento di Scienza dei Materiali Università di Lecce.

#### **D) Diffrazione Raggi X**

**Obiettivo:** Analisi computerizzata di polveri e monocristalli per determinazione di sforzi e deformazioni reticolari;

**Contenuti:** Preparazione specialistica nel campo della diffrazione X, elettronica, neutronica, comprendente lezioni e lavoro sperimentale nell'ambito di un programma di ricerca;

**Istituzioni disponibili:** Dipartimento TIB-ENEA Casaccia, Ist. Elettronica Stato Solido CNR Roma, Istituto LAMEL-CNR Bologna, Istituto Struttura della Materia CRN Frascati (Roma), Istituto MASPEC-CNR - Parma.

#### **E) Fluorescenza ed assorbimento**

**Obiettivo:** Analisi mediante scattering diffuso di raggi X, assorbimento atomico;

**Contenuti:** Corsi specialistici e periodo di training sperimentale in scattering da raggi X e spettroscopia atomica e molecolare;

Istituzioni disponibili: Dipartimento TIB-ENEA Casaccia, Centro Sperimentale Metallurgico, Roma;

## **SEZIONE IV**

### **Caratterizzazione macroscopica**

#### **A) Caratterizzazioni elettriche**

Obiettivo: Misure di resistività, mobilità, concentrazione di portatori, su materiali e dispositivi;

Contenuti: Acquisizione delle tecniche per caratterizzazioni elettriche di elevata affidabilità;

Istituzioni disponibili: Ist. LAMEL-CNR Bologna, Dipartimento Ingegneria Elettronica Università di Roma-Tor Vergata, Dipartimento Fisica Università di Modena, Dipartimento di Scienza dei Materiali dell'Università di Lecce; Laboratori Soc. S-T Agrate (Milano); Laboratori Soc. Selenia Roma.

#### **B) Caratterizzazioni ottiche**

Obiettivo: Utilizzazione di misure ottiche per la caratterizzazione dei materiali;

Contenuti: Acquisizione delle principali tecniche relativamente all'analisi in riflessione e trasmissione tanto per campioni massivi che per film;

Istituzioni disponibili: Laboratorio Film Sottili ENEA Casaccia, Roma, Dipartimento Fisica Università di Bari, Dipartimento Fisica Università di Roma-Tor Vergata, Dipartimen-

to di Fisica Università di Pavia, Ist. Struttura della Materia CNR Frascati (Roma).

### **C) Caratterizzazioni meccaniche e termiche**

**Obiettivo:** Utilizzazione misure meccaniche e termiche per la caratterizzazione dei materiali;

**Contenuti:** Acquisizione delle principali tecniche di analisi termica e meccanica con particolare riferimento ai materiali ceramici;

**Istituzioni disponibili:** Ist. Chimica Applicata Università di Trieste, Dipartimento Ingegneria Meccanica Università di Roma-Tor Vergata, Laboratori Soc. SNIA-BPD Colleferro (Roma), Dipartimento Ingegneria Materiali Università di Napoli; Dipartimento di Chimica Applicata dell'Università di Bari.

### **Servizi generali**

#### **A) Servizio di calcolo**

**Obiettivo:** Competenze nel settore sistemico per la gestione della rete distribuita di calcolo del Centro e sviluppo del Software asservito alla gestione di strumenti specialistici;

**Contenuti:** Partecipazione alla gestione e alla preparazione di Software per sistemi di calcolo di grandi laboratori;

**Istituzioni disponibili:** Laboratori di grandi Società Informatiche (Digital, IBM), Ist. IESI-CNR, Bari.

## **B) Servizio documentazione**

**Obiettivo:** Organizzazione e gestione del servizio di documentazione e della biblioteca;

**Contenuti:** Inserimento nella gestione e studio delle problematiche di Centri di Documentazione di grandi Centri scientifici;

**Istituzioni disponibili:** Servizi documentazione CNR o ENEA o INFN, CSAT - Bari.

## **C) Servizio programmazione e marketing**

**Obiettivo:** Programmazione delle varie componenti dell'attività del Centro e contatti con gli utenti esterni dei servizi;

**Contenuti:** Acquisizione dei metodi di analisi di mercato e di programmazione aziendale;

**Istituzioni disponibili:** Dopo la frequenza di corsi specialistici, inserimento nell'Ufficio Programmazione di un'Azienda elettronica o meccanica (es. Italsider Taranto, Selenia Roma, S-T Agrate Milano).

## **2.5 Seconda fase Diplomatici «Stages»**

### **SEZIONE I**

#### **Preparazione materiali**

Alla Sezione I sono destinati sei tecnici.

## **LABORATORIO MATERIALI MASSIVI**

### **A) Materiali ceramici**

#### *Perito chimico:*

- a) manipolazione di polveri;
- b) impianti e tecniche di formatura;
- c) impianti e tecniche di sinterizzazione.

#### *Perito meccanico:*

- a) utilizzo di forni e presse;
- b) utilizzo di macchine utensili per la preparazione di materiali ceramici;
- c) test sui materiali ceramici.

### **B) Materiali semiconduttori**

#### *Perito chimico:*

- a) manipolazione dei materiali;
- b) caratterizzazione di materiali;
- c) tecniche manuali di gestione dei forni;
- d) applicazioni di tecniche di vuoto.

Le sedi presso cui effettuare l'addestramento possono essere le stesse indicate per i laureati, destinati alle medesime attività.

## **LABORATORIO STRATI SOTTILI**

Le attività dei tre diplomati previsti, soprattutto nella fase di lavoro, sono intese a supporto di tutte le sezioni del laboratorio strati sottili.

### **Deposizione sotto vuoto**

Il diplomato potrà svolgere il periodo di formazione della durata di sei mesi presso l'Università di Lecce, inserito in modo attivo

nei programmi di ricerca sulla deposizione di film magnetooptici e metallici, con impiego di impianti di deposizione sia per sputtering sia per evaporazione.

Le competenze che il diplomato dovrà acquisire sono:

- a) Tutto ciò che attiene a mansioni prettamente tecniche per la gestione di impianti e tecniche di deposizioni per evaporazione termica;
- b) Tutto ciò che attiene a questioni prettamente tecniche per la gestione di impianti e tecniche di deposizioni per evaporazione termica;
- c) Utilizzo e sicurezza degli impianti di deposizione sotto vuoto;
- d) Preparazione substrati;
- e) Trattamento target e sorgente;
- f) Lavorazione materiali per la preparazione dei campioni.

### **Deposizione epitassiale**

L'attività del tecnico diplomato sarà a supporto di quella del laureato, pertanto il suo addestramento da effettuarsi insieme allo stesso laureato, dovrà tendere all'acquisizione delle stesse competenze privilegiando ovviamente la gestione tecnica di impianti e materiali.

### **Deposizione da plasma**

Si raccomanda, per il diplomato previsto in questa sezione, un periodo di almeno tre mesi in ambiente industriale (SGS-Thompson, Istituto Donegani, ENI Ricerche Monterotondo, Selenia), al fine di permettere l'acquisizione delle seguenti competenze:

- a) Tutto quanto attiene a mansioni tecniche per la gestione e tecniche di deposizione da plasma;
- b) Tutto quanto attiene a mansioni tecniche per l'uso di tecniche di etching;
- c) Tutto quanto attiene a mansioni tecniche per la gestione di tecniche di analisi spettroscopiche;

- d) Utilizzo e sicurezza degli impianti al plasma;
- e) Trattamento dei gas;
- f) Lavorazione materiali per la preparazione dei campioni;
- g) Tecniche del vuoto con particolare riferimento all'uso di gas reattivi.

## SEZIONE II

### Trattamenti e analisi di superfici

È previsto l'addestramento del seguente personale tecnico:

#### *Perito meccanico* (Laboratorio Trattamenti Superficiali)

Deve completare le conoscenze acquisite durante il periodo scolastico con delle nozioni elementari di ottica di fasci ionici, di vuoto, di alte tensioni, che gli consentano di comprendere i principi fondamentali di funzionamento di un impiantatore ionico.

Deve curare la manutenzione ordinaria dell'apparecchiatura, con particolare riferimento al cambio di sorgenti.

Il periodo di formazione si svolgerà presso i Laboratori Nazionali di Legnaro e presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Catania.

#### *Perito elettronico* (Laboratorio Trattamenti Superficiali)

Deve completare le conoscenze acquisite durante i corsi scolastici con delle nozioni elementari di ottica elettronica e di interazione particelle cariche - materie che gli consentano di comprendere i principi fondamentali di funzionamento di una apparecchiatura per produzione di fasci di elettroni e fasci ionici. Deve inoltre svolgere un ruolo di interfaccia con gli utenti delle macchine.

Il periodo di formazione si svolgerà presso il Dipartimento TIB dell'ENEA. È previsto inoltre un soggiorno presso le case costruttrici della strumentazione da acquistare.

#### *Perito chimico* (Laboratorio Trattamenti Superficiali)

Deve completare le conoscenze acquisite durante i corsi scola-

stici con delle nozioni di vuoto, attacchi chimici selettivi, preparazione di targhette, pulizia di sorgenti.

Esso sarà utilizzato nel laboratorio chimico di supporto alla divisione trattamenti superficiali, collaborando alla gestione delle macchine acceleratrici.

Il periodo di formazione avrà luogo presso l'Istituto LAMEL-CNR di Bologna.

#### *Perito chimico (Laboratorio Analisi Superfici)*

Dovrà completare le conoscenze acquisite durante il periodo scolastico per le tecniche di preparazione dei campioni da analizzare, tecniche di vuoto, pulizia superfici. Inoltre parteciperà alla gestione delle macchine di analisi in collaborazione con il personale tecnico addetto.

Il periodo di formazione avrà luogo presso il Dipartimento di Chimica dell'Università di Padova.

#### *Perito elettronico (Laboratorio Analisi Superfici)*

Completerà le nozioni acquisite nei corsi scolastici con elementi di interazione radiazione-materia, tecniche di vuoto, elettronica e gestione dati.

Sarà utilizzato per la gestione dell'apparecchiatura SIMS e la manutenzione ordinaria.

Il periodo di formazione avrà luogo presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Padova. È previsto un soggiorno presso la casa costruttrice dell'apparecchiatura.

#### *Perito meccanico (Laboratorio Analisi Superfici)*

Acquisirà, a completamento della preparazione scolastica, elementi di tecniche di vuoto, interazione radiazione-materia, manutenzione di impianti da vuoto, utilizzazione di apparecchiature semplici. Esso sarà utilizzato per la manutenzione ordinaria delle apparecchiature ESCA ed AUGER.

L'addestramento avrà luogo presso il Laboratorio CNR di Montelibretti. È previsto un soggiorno presso le case costruttrici.

## SEZIONE III

### **Caratterizzazione microstrutturale e microanalitica**

È previsto l'addestramento del seguente personale tecnico:

## **MICROSCOPIA ELETTRONICA**

### *Perito elettronico*

Deve completare le conoscenze acquisite durante il periodo scolastico con delle nozioni elementari di ottica elettronica e di interazione elettrone-materia che gli consentono di comprendere i principi fondamentali di funzionamento delle varie apparecchiature: microscopio a scansione, microscopio in trasmissione e accessori vari.

Deve curare la manutenzione ordinaria della strumentazione e svolgere un efficiente ruolo di interfaccia con le case produttrici degli strumenti per garantire interventi efficienti e veloci.

Il periodo di formazione si svolgerà in parte presso le case costruttrici della strumentazione che il Centro avrà deciso di acquistare, ed in parte, presso il Dipartimento di Scienza dei Materiali dell'Università di Lecce.

### *Due periti chimici (Preparazione campioni)*

Dovranno apprendere le tecniche di preparazione ed assottigliamento dei campioni. Poiché l'attività di caratterizzazione del laboratorio riguarda sia materiali metallici che ceramici e semiconduttori, e le tecniche di preparazione si differenziano anche notevolmente a seconda del materiale, è necessario che l'apprendimento delle diverse metodiche avvengano in tre centri diversi (CSM Roma, per la preparazione di materiali metallici; Dipartimento di Mineralogia, Università di Perugia, Ceramiche; CNR LAMEL Bologna, semiconduttori).

### **Caratterizzazione chimico-morfologico-strutturale**

*Un perito elettronico* (Sistema computerizzato per diffrazione X di polveri e di monocristalli)

Un borsista dovrà acquisire la conoscenza dei principi fonda-

mentali della cristallografia e della diffrazione dei raggi X. Nonostante che la strumentazione con la quale dovrà operare non presenti elevati gradi di sofisticazione, sarà opportuno che egli acquisisca capacità operative adeguate nell'allineamento ottico del diffrattamento, specie qualora si preveda l'uso di diversi tipi di monocromatore.

Dovrà inoltre apprendere la manualità necessaria alla manutenzione sia del diffrattometro che nel generatore di radiazione e divenire familiare con l'uso del calcolatore di controllo, specialmente nella fase di acquisizione ed elaborazione dei dati.

A questo scopo, dopo aver seguito la formazione generale delle discipline previste, il candidato si avvarrà di un periodo di addestramento presso il LAMEL-CNR di Bologna.

*Un perito chimico* (Sistema computerizzato di analisi quantitativa per fluorescenza X e spettrofotometria ad assorbimento atomico)

Un borsista dovrà acquisire una buona conoscenza di base nel campo della chimica inorganica e la conoscenza dei concetti fondamentali della struttura della materia e dell'interazione tra radiazione e materia. Poiché parte della strumentazione con la quale dovrà operare prevede l'uso di cristalli analizzatori, il candidato riceverà una carta formazione anche nel settore dell'ottica della diffrazione.

La persona raggiungerà il necessario grado di conoscenza tramite il preliminare periodo di formazione generale nelle materie previste e il successivo periodo di addestramento presso il Dipartimento di Scienza della Terra dell'Università di Perugia.

## SEZIONE IV

### Caratterizzazione macroscopica

#### A) LABORATORIO CARATTERIZZAZIONI ELETTRICHE

L'unità di personale diplomato, destinato a questo laboratorio dovrebbe essere un perito elettronico per il quale è opportuno prevedere l'acquisizione delle competenze necessarie alla gestione tecnica di un laboratorio di caratterizzazione elettrica di materiali

attraverso la permanenza in un laboratorio specializzato (presso le Università di Lecce e di Bari ovvero presso uno dei laboratori già previsti per il personale laureato).

Competenze da acquisire:

- a) gestione e manutenzione della strumentazione di caratterizzazione elettrica;
- b) tecniche di preparazione dei provini e di semplici dispositivi anche con metodi fotolitografici;
- c) programmazione di personal computer per il controllo della strumentazione di acquisizione dati.

## **B) LABORATORIO CARATTERIZZAZIONI OTTICHE**

Per il borsista diplomato, destinato al laboratorio di caratterizzazione ottica, si richiede un perito elettronico cui far acquisire le seguenti competenze:

- a) gestione e manutenzione di componentistica ottica di uso generale;
- b) gestione e manutenzione di strumentazione ottica specialistica (sorgenti anche laser, monocromatori e reticoli, rilevatori ed elettronica associata);
- c) progettazione ed assemblaggio di linee di misura su banco ottico.

Come sede per un periodo di formazione in campo si può prevedere uno dei laboratori già indicati per il personale laureato.

## **C) LABORATORIO CARATTERIZZAZIONE MECCANICA E TERMICA**

Il tecnico diplomato (perito elettronico) destinato a questo Laboratorio dovrà provvedere alla gestione e manutenzione degli impianti e tecniche per la misura ed il controllo delle proprietà meccaniche e termiche dei materiali, acquisendo una notevole capacità ed

esperienza nella loro utilizzazione attraverso un primo periodo di addestramento presso l'Istituto di Chimica Applicata dell'Università di Bari e/o presso una delle sedi indicate per la formazione dei laureati.

#### **D) LABORATORIO PREPARAZIONE PROVINI**

Per questo laboratorio è inizialmente prevista la formazione di un solo diplomato, che è consigliabile ad un perito chimico.

Dovrà evidentemente acquisire tutte le conoscenze necessarie alla conduzione tecnica di un tale laboratorio ed inoltre dovrà costituire l'interfaccia tecnica con tutte le esigenze delle altre Divisioni, in particolare della Divisione I.

Dovrà pertanto prendere pratica con tutte le tecniche di lavorazione, sia chimiche che meccaniche, di provini di materiali diversi: taglio e lucidatura, finitura ottica delle superfici, orientazione cristallografica ed ispezione al microscopio ottico, etching chimico, preparazione di maschere fotolitografiche, evaporazione e sputtering per i contatti metallici ecc.

Sarebbe pertanto opportuna una adeguata permanenza presso un laboratorio ove si lavorano materiali semiconduttori ed una successiva permanenza presso un laboratorio orientato alla metallografia. Stages e corsi di qualificazione specialistici, anche individuali, potranno essere poi contrattati con le imprese nazionali a cui si riterrà opportuno affidare la fornitura delle attrezzature per il laboratorio preparazione provini del Centro.

## COLLANA DEL «CENTRO MILITARE DI STUDI STRATEGICI»

1. «Il reclutamento in Italia» di Autori vari
  
2. «Storia del servizio militare in Italia» di Virgilio Ilari  
dal 1506 al 1870, Vol. I
3. dal 1871 al 1918, Vol. II
4. dal 1919 al 1943, Vol. III
5. dal 1943 al 1989, Vol. IV.
  
6. «Soppressione della leva e costituzione di Forze Armate volontarie» di Paolo Bellucci - Areno Gori
  
7. «L'importanza militare dello spazio» di Carlo Bongiorno - Stefano Abbà  
Giuseppe Maoli - Abelardo Mei  
Michele Nones - Stefano Orlandi  
Franco Pacione - Filippo Stefani
  
8. «Le idee di "difesa alternativa" ed il ruolo dell'Italia» di Francesco Calogero  
Marco De Andreis  
Gianluca Devoto  
Paolo Farinella
  
9. «La "policy science" nel controllo degli armamenti» di Pierangelo Isernia - Paolo Bellucci  
Luciano Bozzo - Marco Carnovale  
Maurizio Coccia - Pierluigi Crescenzi  
Carlo Pelanda
  
10. «La dissuasione nucleare in Europa» di Stefano Silvestri
  
11. «I movimenti pacifisti ed antinucleari in Italia, 1980-1988» di Fabrizio Battistelli - Pierangelo Isernia  
Pierluigi Crescenzi - Antonietta Graziani  
Angelo Montebovi - Giulia Ombuen  
Serafina Scaparra - Carlo Presciuttini
  
12. «L'Organizzazione della Ricerca e Sviluppo nell'ambito Difesa» di Paolo Bisogno - Carlo Pelanda  
Michele Nones - Sergio Rossi  
Vincenzo Oderda

- |   |   |
|---|---|
| 13. «Sistema di Pianificazione Generale e Finanziaria ed ottimizzazione delle risorse in ambito Difesa» | di Giuseppe Mayer - Carlo Bellinzona<br>Nicola Gallippi - Paolo Mearini<br>Pietro Menna                                     |
| 14. «L'industria italiana degli armamenti»  | di Fabio Gobbo - Patrizio Bianchi<br>Nicola Bellini - Gabriella Utili   |
| 15. «La strategia sovietica nel Mediterraneo»   | di Luigi Caligaris - Kenneth S. Brower<br>Giuseppe Cornacchia - Chris Donnelly<br>James Sherr - Andrea Tani<br>Pietro Pozzi |
| 16. «Profili di carriera e remunerazione nell'ambito dell'amministrazione dello Stato»                  | di Domenico Tria - Tonino Longhi<br>Arturo Cerilli - Andrea Gagnoni<br>Pietro Menna   |
| 17. «Conversione dell'industria degli armamenti»  | di Sergio Rossi - Secondo Rolfo<br>Nicola Bellini   |
| 18. «Il trasferimento di tecnologie strategicamente critiche  | di Sergio Rossi - Fulceri Bruno Roccia<br>Alessandro Politi - Sergio Gallucci   |
| 19. «Nuove possibili concezioni del modello difensivo»  | di Stefano Silvestri - Virgilio Ilari<br>Davide Gallino - Alessandro Politi<br>Maurizio Cremasco                            |
| 20. «Warfare simulation nel teatro Mediterraneo»  | di Maurizio Coccia  |
| 21. «La formazione degli ufficiali dei Corpi Tecnici»   | di Antonio Paoletti - Arnoldo D'Amico<br>Aldo Tucciarone  |
| 22. «Islam: Problemi e prospettive politiche per l'Occidente»   | di R. Aliboni - F. Bacchetti<br>L. Guazzone - V. Fiorani Piacentini<br>B.M. Scarcia Amoretti                                |
| 23. «Effetti sull'economia italiana della spesa della Difesa»   | di A. Pedone - M. Grassini  |



**Il Centro Militare di Studi Strategici (CeMiSS), costituito con Decreto del Ministro della Difesa, è un organismo interforze che promuove e realizza ricerche su tematiche di natura politico-strategico-militare, avvalendosi anche di esperti e di centri di ricerca esterni con i quali vengono conclusi convenzioni e contratti di ricerca; sviluppa, inoltre, la collaborazione tra le Forze Armate, le Università e i Centri di ricerca italiani e stranieri nonché con altre Amministrazioni ed Enti che svolgono attività di studio nel settore della sicurezza e della difesa; promuove la specializzazione di giovani ricercatori italiani; seleziona gli studi di maggiore interesse, fornendoli alla Rivista Militare che ne cura la pubblicazione. Un Comitato Scientifico, presieduto dal Ministro della Difesa, indirizza le attività del Centro; un Consiglio Direttivo ne definisce i programmi annuali. Direttore è un Generale (o Ammiraglio) di Divisione, assistito da un Comitato Esecutivo.**

**Quanto contenuto negli studi pubblicati riflette esclusivamente il pensiero del gruppo di lavoro e non quello del Ministero della Difesa.**